

تاريخ العلوم العام

العلم الحديث

يه تاتون

علي مقلد

تاريخ
العلوم العام
العلم الحديث

تاريخ العلوم العام

المجلد الثاني

العلم الحديث

من سنة 1450 إلى سنة 1800 م

بإشراف

رنيه تاتون

ترجمة

د. علي مقلد

المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع

بيروت ـ الحمراء ـ شارع اميل اده ـ بناية سلام
هاتف ٨٠٢٤٢٨ ـ ٨٠٢٤٠٧ ـ ٨٠٢٢٩٦
بيروت ـ المصيطبة ـ بناية طاهر هاتف ٣٠١٠٣٠ ـ ١٦٣٩٠
ص.ب ١١٣/٦٣١١ تلكس ٢٠٦٦٥ LE ـ ٢٠٦٨٠ LE

الكتاب للنشر والطباعة والتوزيع

القاهرة ـ المعادي الجديدة ـ ٦٢ شارع النصر ـ هاتف ـ بيرق ٣٥٠٦٣٠٨
سجل ١٠٦٨٩ بطاقة ضريبية ١٦٩٧٨

الطبعة الأولى
1410 هـ ـ 1990 م

المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع
[illegible]

الكتاب للنشر والطباعة والتوزيع
القاهرة ـ المعادي ـ [illegible] ٣٥٠٦٣٠٨
[illegible] ١٠٦٨١ ـ بطاقة ضريبية ١٦٩٢٨

العِلْمُ الحَدِيث

هذا الكتاب ترجمة

HISTOIRE GÉNÉRALE DES SCIENCES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE RENÉ TATON

Directeur scientifique au Centre national de la Recherche scientifique

TOME II

LA SCIENCE MODERNE

(DE 1450 A 1800)

par

E. BAUER, Y. BELAVAL, G. CANGUILHEM, C. CHAGAS, J. CHESNEAUX, I. B. COHEN, P. COSTABEL, Fr. DAGOGNET, M. DAUMAS, A. DAVY DE VIRVILLE, P. DELAUNAY, R. DUGAS, L. DULIEU, J. FILLIOZAT, R. FURON, M. D. GRMEK, É. GUYÉNOT, L. HALPERIN DONGHI, G. HAMAMDJIAN, J. ITARD, A. KOYRÉ, R. LAMONTAGNE, R. LENOBLE, J. F. LEROY, J. LÉVY, Ch. MORAZÉ, J. NEEDHAM, J. ROGER, E. ROSEN, J. ROSTAND, J. TATON, R. TATON, A. TÉTRY, J. THÉODORIDÈS, M.-A. TONNELAT, G. WALUSINSKI

DEUXIÈME ÉDITION REFONDUE ET AUGMENTÉE

©PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

المقدمة

في حين يرسم المجلد الأول من هذه المجموعة تطور العلوم في مختلف الحضارات منذ البدايات حتى أواخر الحقبة الوسيطية ، لا يعالج هذا المجلد إلا حقبة أقصر ، تمتد تقريباً ، من منتصف القرن الخامس عشر حتى نهاية القرن الثامن عشر .

هذا اللاتوازن يمكن تبريره بسهولة ، فالمرحلة من تاريخ العلم التي ندرسها في هذا المجلد تتوافق في معناها العميق وبغنى محتواها ، مع الحقبة الأكثر حسماً في كل تاريخ الفكر العلمي ، في أوروبا الغربية ، انطلاقاً من عصر النهضة ، من المؤكد أن علماء القرن السادس عشر وحتى علماء القرن السابع عشر ، قد تأثروا بالفكر الأغريقي وبالفكر المدرسي (سكولاستيك) الوسيطي وقد شكل قسم مهم من جهدهم اعادة كشف ودراسة أكثر وعياً لنصوص العصور القديمة والقرون الوسطى . وعلى كل ان الظروف الجديدة الناتجة عن اختراع المطبعة ، وكذلك حركة الفضول الواسعة التي سببتها الرحلات الاستكشافية الكبرى وتراخي الروابط التي تجمع العلم الى الفلسفة والى اللاهوت ، قد أدت الى نشأة عقلية جديدة هي في أساس العلم الحديث.

واذا كانت بعض الحقب ، كبدايات العهد الاسكندري ، قد عرفت ازدهاراً قوياً ، فان هذه القفزة قد ظلت محدودة دائماً في الزمن ولم تشمل مجمل المجالات العلمية .وبالمقابل فإن الجهد الجريء والمميّز لعلماء النهضة الأوروبيين ، قد جدد العقلية في مختلف قطاعات العلم ، وبذات الوقت دفع التقدم العلمي في حركة لا مرد لها اخذت تنتشر وتنمو وتتسارع عبر العصور التالية .

وتبرز الأصالة العميقة والأهمية التاريخية لهذه الحركة ، بآن واحد العدد الكبير من الاكتشافات المحققة ، كما تعزز المكانة التي منحناها لدراسة التطور العلمي الأوروبي خلال هذه القرون الثلاثة والنصف التي امتدت منذ تدهور الحضارة الوسيطية حتى نهاية عصر الأنوار . إن بعض الفصول المخصصة للحضارات خارج اوروبا تتيح لنا أن نحدد، بالمقارنة،تحجر وتدهور بعض العلوم التقليدية ، وبذات الوقت انتشار العلم الغربي الجديد بصورة تدريجية .

ان عزل هذا العلم الحديث عن العلم المعاصر في القرنين التاسع عشر والعشرين والذي سيكون

موضوع المجلد الثالث قد يبدو مصطنعاً ، وعلى كل يتوافق هذا الفصل ، المفروض علينا لأسباب مادية ، وعلى صعيد الأفكار والوقائع ، مع انشقاق واضح نوعاً ما . فبعد بزوغ عصر النهضة ، أخذ القرن السابع عشر يطرح مبادىء العلم الحديث ويحقق تقدماً ضخماً في مجالات العلم النظرية . أما القرن الثامن عشر فبعد أن أخذ يمد بصورة تدريجية هذا التجديد ليشمل مختلف فروع علم الفيزياء وبعض قطاعات علوم الحياة ، أخذ ، محفوزاً بإيمانٍ قوي بقيمة العلم ، يستثمر بصورة منهجية انجازات القرن السابق . وقد شهد القرن الثامن عشر ، وهو مقرون ، تبعاً للمجالات ، بجهد متعب أو بإنفتاح مجالات جديدة في البحث ، تبدلاً عميقاً في وجهة النظر ، فيما يتعلق بمعنى العلم وبدوره الاجتماعي .

إن تعميم المناهج الجديدة في التعليم والبحث، وتعدد المختبرات ، وظهور المجلات العلمية المتكاثرة باستمرار والمتخصصة ، وكذلك تطبيق الاكتشافات المتزايدة في كل المجالات ، كل ذلك اعتبر من العوامل الأساسية في هذا المنعطف الحاسم ، ان القرن التاسع عشر والقرن العشرين بعد معارضتهما المفهوم الجمالي المنطقي لدور العلم الذي كان مقبولاً بوجه عام حتى ذلك الحين ، استمرا في اعطاء الأهمية البالغة للبحث الجذري ، وشاهدا التقدم العلمي يصبح ، عن طريق التقنيات ، احد أهم العوامل الرئيسية في تطور البشرية .

ان اتساع المجال الذي يجب استكشافه ، والتقنية البالغة التي يجب تقديم نتائجها أو تفسيرها قد فرضتا ، في هذا الكتاب ، تدخل كتاب عديدين ومتخصصين ، والتجزئة النسبية التي نتجت عن ذلك ترتدي سمة مصطنعة ، فغالبية العلماء في هذه الحقبة قد اهتمت بمجالات متنوعة تبدو عند البحث بها ، ذات وشائج وثيقة وقوية ، من ذلك مثلاً ان دراسة اعمال وتأثيرات مفكرين وعلماء مثل نيكولاي دي كوى N. de Cues ، وليونارد دافنشي Léonard Devinci أو باراسلسParacelse أو غاليليه Galilée أو ديكارت Descartes أو نيوتن Newton أو ليبنز Leibniz ،توزعت بين عدة فصول بدلاً من أن تجمع في تركيبة شاملة ،ونعتقد على كل حال أن هذا الخطأ قد عوض في معظمه في الفصول المداخل ، وكذلك في الإحالاتالمتعددة التي تتيح ربط مختلف أوجه ذات العقيدة أو ذات الموضوع . ودون التنكر للاعتراضات على التقسيمات المعتمدة ـ وهي تقسيمات مدروسة سببهاالرغبة في مراعاة الفواصل الزمنية ، أكثر ما يمكن ، وكذلك الرغبة في اعتماد خطة تعكس ،بالنسبة الى كل حقبة مدروسة ، وبآن واحد ، بنياتنا الحديثة والإتجاهات العامة التي كانت للعلم في حينه ـانا نؤمن أن أية خطة أخرى سوف تلاقي انتقادات مماثلة ان لم تكن أقوى وأشد .وكذلك أيضاً من المستحيل أن تعكس لائحة المضامين مهما كانت موسعة ، كل تعقيدات التاريخ الحي .

وربما يكون من المفيد التذكير بأن هذه الدراسة تستبعد بآنٍ واحدٍ تاريخ العلوم الإنسانية وكذلك تاريخ التقنيات ، ومن جراء هذا ، لا تعالج في هذا الكتاب الزراعة والصناعة الكيميائية ، والصناعة النسيجية ، والتعدين ، وفن المناجم ، وتقنية البناء ، والميكانيك التطبيقي ، والحساب الميكانيكي ، وعلم الخرائط والطوبوغرافيا والميتورولوجيا الخ . واذا كنا قد أشرنا إلى العلاقات العديدة

بين تطور العلوم الخالصة وتقدم التقنيات فقد استطعنا بفضل نشر مؤلفات موازية وتكميلية في التاريخ العام للتقنيات ، ان نخفض هذه البحوث الى ما هو ضروري ، ولا يشكل ادراجنا تاريخ الطب ضمن برنامجنا خروجاً عن هذه القاعدة ، إذا كان الطب ، في موضوعه ، يعني العناية بالبشر ، فإن نمو مرتبط تماماً بنمو البيولوجيا فلا ينفصم عنها .

ونذكر أيضاً بان وجود سبعة مؤلفات في « تاريخ الحضارة العام » قد أتاح لنا ان نختصر في وصف الإطار السياسي والفلسفي والإقتصادي والإجتماعي . إن تحليل المراحل الاساسية لتطور العلوم قد أفاد من البحوث غير الموسعة . والتقسيمات التاريخية التي قمنا بها والتي بدت ضرورية لتوضيح العرض يجب أن لا تؤخذ على أنها إخلال أو اهمال . فاختيارها قد تم ودرس دراسة خاصة في كل مجال . والأساس في عملنا التوفيقي والتنسيقي قد توجه نحو إقامة استمرارية نسبية .

* * *

ان هذا المؤلف ، مثل المجلد السابق هو حصيلة التعاون الوثيق المخلص بين عدة مؤلفين ارتضوا عن قناعة الخضوع لانتظام اقتضاه انجاز هذا العمل . ونتوجه بالشكر المخلص اليهم والى كل المتعاونين المتطوّعين الذين ساعدونا بنصائحهم أو الذين شاركوا في عملية المراجعة .

والطبعة الثانية من هذا المؤلف قد روجعت وقُوِّمت من قبل مختلف المؤلفين . كما عدلت فصول كثيرة ووسعت في بعض الأجزاء .

هكذا وبصورة خاصة فقد وسِّعت دراسة علوم الحياة في مختلف الحقب وأعيد ترتيبها . وقد استفدنا في هذه المراجعة ، ومن اجل كتابة الفصول الاضافية من معونة عشرةٍ من المؤلفين الجدد نشكرهم على معونتهم الغالية وقد استفدنا أيضاً من التجربة التي حصلنا عليها عند انجاز المجلدات الأخرى ومن آراء واضعي التقارير المعلقين. ومن القراء النابهين .

وهنالك عناية خاصة أوليناها للملحقات المستندية التي تسهل استعمال مثل هذا الكتاب وعلى هذا فقد روجعت الفهارس الدلائل بعناية واستكملت كما أن مراجع الكتب قد روجعت وزيدت ورتبت بشكل منهجي خالص.

رينيه تاتون

القسم الأول :

النهضة

ان المقتطفات التي ادخلناها من اجل تحديد هذا القسم الأول ترتدي جزئياً طابعاً اصطناعياً . ان عبارة « النهضة » قد توقع في الوهم كما تستدعي الانتقاد أمّا حدود هذه الحقبة فمعناها نسبي خالص .

ومع ذلك لا يمكن الإنكار ان القرن ونصف القرن الذي يفصل مدرسي بداية القرن الخامس عشر من أوائل الممثلين الحقيقيين لعلم القرن السابع عشر : فيات Viète ، جيلبرت Gilbert ، غاليليه Galilée ، كبلر Kepler ، باكون Bacon وهارفي Harvey ، يشكلون حقبة خصبة وضرورية من أجل صياغة العلم الحديث . لا شك أن كلمة « النهضة » يجب أن لا تؤخذ في معنىً مطلقٍ خالص . والتركيز على نجاح حركة الأنسنة ، وعلى دور المطبعة ، وعلى استعادة المصادر القديمة ، وأخيراً على دراسة « الطبيعة » بشكل مباشر قريب ، يجب أن لا ينسي مصادر التقدم الأخرى أو الجمود ، وضخامة وقع الاكتشافات الكبرى ، والنهضة الحية لأشباه العلوم ، وغنى وغموض التركة الوسيطية ، والاهتمامات التقنية ونتائج « الاصلاح الديني » الخصبة أو العقيمة . بعد هذه التحفظات ، تبدو هذه الحقبة بأن معاً غنية وآسرة ، في انتاجها الوافر الذي يمزج التجديدات الأكثر خصباً بالتطورات الأقل عقلانية ، إن النهضة ما تزال حقبة انجراف وراء الحركة الموسوعية . ولهذا فالتقسيمات التي اضطررنا الى إدخالها على مختلف العلوم ، لا تجد لها مبررات رئيسية ، في غالب الأحيان ، إلا في تسهيل العرض باستخراج الخطوط الكبرى للتقدم ، إنطلاقاً من واقع مبهم غالباً .

علوم عصر النهضة

لقد ولى الزمن الذي كان فيه المؤرخون يعتبرون القرن السادس عشر وكأنه اللحظة التي عملت «نهضة الآداب» فيها على تخليص « الغرب » من « ظلمات » القرون الوسطى . ولكن المؤرخ ـ وان تخلص من هذه الرؤيا المانوية وان اصبح أكثر احساساً باستمرارية التاريخ الفكري وبأضواء القرون الوسطى وبظلال عصر النهضة ـ يبدو متعباً في استخلاص تيارات القوى، والاتجاهات الكبرى

في الفكر المعقد الكثير الأشكال السائدة في حقبة كان فيها كل شيء ممكناً ، وحيث تبدو الفوضى هي القاعدة ، واللاانتظام هو شرط التقدم .

وخرجت أوروبا من القرون الوسطى مثخنة مثقلة بحروب ايطاليا وبحروب الثلاثين سنة ، وبالمواجهة بين الدول التي اكتشفت ذاتها ، عبر تفتت المسيحية والصراعات الاجتماعية والدينية . والأمر الملحوظ ، انها وعت ذلك . واعطتها العودة الى الكتّاب القدامى الشعور انها اتصلت ، بقفزة واحدة ، باعلى درجة من درجات الثقافة التي وصل اليها الغرب . واقنعها اكتشاف العالم الجديد ، واختراع المطبعة وبارود المدافع ، وامتلاك الحقيقة الانجيلية انها قد تقدمت وتفوقت على هؤلاء المعلمين الذين نالوا اعجابها . وفي منتصف القرن السادس عشر اصبح بالامكان الكلام عن « نهضة » منتصرة عرفت كيف تخلف للاجيال اللاحقة الصورة التي اعطتها عن ذاتها .

الارث الوسيطي : ولكن هذه النهضة مدينة بالكثير للقرون الوسطى التي تحتقر ، وبصورة خاصة تجهيزها الفكري . ان الجامعات الأوروبية كانت ما تزال صغيرة ، في معظمها . والكثير منها لم يكن قد بلغ المئة سنة في الوجود ، في فجر القرن السادس عشر ، حين سارع الأمراء البروتستانت في المانيا الى تأسيس جامعات جديدة : لا شك أنهم لم يعتبروا النظام متعباً وعتيقاً بالشكل الذي قال عنه لوثر Luther . أن التلامذة في القرن 16 أخذوا عادة السفر للاستماع الى المعلمين المشهورين عن تراث القرون الوسطى . ومن هؤلاء المعلمين غسنر Gesner في مونبليه وباراسلس Paracelse في فراري ، وفيزال Vésale في باريس ، وكوبرنيك Copernic في بولونيا وغيرهم الكثير حتى مطلع القرن السابع عشر .

لا شك أنه كان لا بدَّ من تحولات : كان لا بد من رفع رواتب وكرامة معلمي علم البيان ، كما في المانيا وايطاليا ، وإيجاد فرع لعلم الفلك وفرع للرياضيات ، وتعيين معيدين ملكيين لجامعة باريس القديمة العتيقة ، وفي نفس هذه الكليات الباريسية التي حفظ عنها اراسم Érasme ذكرى سيئة جداً ، استطاع فرنل Fernel ، بعد عدة سنوات أن يلتقي ماتورين كورديير Mathurin Cordiere أو اينياس دي لوايولا Ignace de Voyola . واليها جاء فيزال Vésale يستمع الى جاك دوبوا سيلفوس Jacaues Dubois - Sylvius ، قبل أن يذهب بنفسه ليعلم في بادو كغيره من الأطباء الكبار في عصره ، الذين كانوا يعلمون في جامعات اخرى . وعلم القرن السابع عشر هو الذي تخلى ، وليس في كل اوروبا أيضاً ، عن النظام الجامعي الموروث عن القرون الوسطى ، لا علم « النهضة » ، أما العلم غير الجامعي ، علم « الفنانين » والمهندسين والمهندسين المائيين (هيدروغراف) ومهندسي العمارة ، فلم ينتظر القرن السادس عشر لينمو وليستفيد من حماية ورعاية الأمراء . وطيلة القرن الخامس عشر آلف تكاثر المشاريع المدنية والعسكرية الكبرى، وكذلك نشر المعالجات المتخصصة ، الأفكار مع هذه الآلات المبتكرة التي حلم بها ليونارد دافنشي Léonard de Vinci منذ مدة طويلة ، ومن الثابت ان اختراع المطبعة الذي ساهم بدون شك في الانتشار السريع للفكر الجديد ، لم يلعب أي دور في ظهوره . ان المؤلفات

الكبرى في العلم الوسيطي هي التي خرجت الأولى من المطابع : اسفار (سفايرا Sphaera) ساكروبوسكو Sacrobosco (النصف الأول من القرن الثالث عشر) طبعت في فراري سنة 1472 واعيد طبعها عدة مرات ، أناتوميا Anatomie (علم التشريح) موندينو دي لوزي Mondino dei Luzzi (ظهر سنة 1316) وأعيد طبعه سبع مرات قبل سنة 1500، القانون لابن سينا Canon d'Avicenne (ت 1037) و « شذرات الذهب » (أو بيسكول Opuscules) للرازي Rhazès (ت 924)، وكل منها طبع أربع عشرة طبعة قبل نهاية القرن الخامس عشر.

ويبدو من الصعب ان نعزو الى سقوط القسطنطينية ، والى مجيء العلماء والمخطوطات اليونانية الى إيطاليا ، تلك الأهمية الحاسمة التي ظلت لمدة طويلة تنسب اليها . فقد كان بترارك Pétrarque المتوفى سنة 1374 ، يدعو دائماً للعودة الى البيان الشيشروني ، ومنذ 1396 كان مانويل كريزولورا ManuelChrysoloras يعلم الأغريقية الكلاسيكية في فلورنسا ، وظهرت التيارات الكبرى النهضوية ، أي التي عملت الى حد بعيد على تحديد طبيعة النشاط العلمي في القرن السادس عشر ، بصورة تدريجية في القرن الرابع عشر والخامس عشر ، انها ثمرة تطور بطيء في المجتمع وفي الفكر الوسيطي ، وليست نتيجة حدث تاريخي مفاجيء .

من العقلانية الى الفردانية :

ابتداء من القرن الثالث عشر على الأقل ، تجسدت الفلسفة في أعمال « ارسطو» ، الذي ظلَّ لمدة خمسة قرون ، سيد الفكر في أوروبا الغربية ولكن امارة فيلسوف وثني على الفكر المسيحي لم تمرَّ بدون مصاعب خطيرة ، ظهرت عقب القرن الرابع عشر ، صبيحة التركيب الكبير الذي حاول أن يقوم به القديس توما الأكويني Thomas d'Aquin ، الذي قرىء بحماس اكبر واكثر من « ارسطو » وذلك في ضوء تأويلات ابن رشد Averroès . وتظللت الرشدية بعد الحكم عليها سنة 1270 ، بنظرية « الحقيقة المزدوجة » التي تفصل جذرياً الفلسفة عن « الوحي » . واستخدمت على الأقل لتمدد لأرسطية دقيقة نوعاً ما ، رغم ما فيها من الميل نحو التجسيد ، حتى القرن السابع عشر بواسطة بومبونازي Pomponazzi ومدرسة بادو Padoue . وتشهد أعمال فرنل Fernel وسيزالبينو Cesalpino ، وفابريكيو داكوابندنتي Fabricio d'Acquapondente ، فيما يتعلق بالفيزيولوجيا البشرية والحيوانية والنباتية ، بهذا التأثير الدائم للعقلانية الأرسطية على مدى القرن السادس عشر ولكن رفض العلم الحديث من قبل سيزار كريمونيني Cesare Cremonini وهو آخر ممثل لمدرسة بادو Padoue ، والمتوفى سنة 1631 ، والذي كان مع ذلك صديقاً لغاليلي Galilée ، هذا الرفض يدل على أن الأرسطية لم تؤدِّي إلى أي مكان .

واذا كانت الرشدية قد استمرت ، فقد لاقت شجباً متكرراً وانتقاصاً دائماً ، سرعان ما أصابا مجمل العقلانية الأرسطية . وقام أوكهام Ockham ينادي ، ضد المعرفة الشاملة والعقلانية التي تنادي بها الأرسطية ، بفكرة المعرفة الاستقرائية الحديثة والتجريبية للواقعة الفردية ذات الوجود الحقيقي

الوحيد ، وذلك منذ بداية القرن الرابع عشر . هذه المواقف ساعدت على نمو علم قائم على ملاحظة الأشياء لا على التحليل العقلي المسبق . كما كانت ترضي أيضاً الكثير من علماء الدين المدرسيين الذين أخافتهم رؤية الايمان المسيحي يصبح فريسة المناطقة المدرسيين . ومنذ فجر القرن الرابع عشر فتح المعلم اكهارت Maître Eckhart سلسلة الصوفين الكبيرة الذين سوف يتتالون طيلة أربعة قرون ، في رينانيا والفلندر وأسبانيا وفرنسا ، هذه السلسلة التي عادت الى القول بالاتحاد المباشر بين النفس والله ، وبذات الوقت بالمواضيع الكبرى التي تطرحها المسيحية المطعمة بالافلاطونية الحديثة . ويعتبر توماس كمبيس Thomas a Kempis ، مؤلف محتمل لكتاب « على درب يسوع المسيح » ، بوضوح عن احتقاره لخصومات المدارس . أما بيترارك Pétrarque ، فدون أن يرتفع الى هذه الذرى ، لعن الجدليين الآتين من الشمال أي من جامعة باريس . وفرح بيترارك Pétrarque بملاقاة القديس اوغسطين Augustin كمعلم بليغ وكمرشد روحي . فمن أجل الخلاص ، المهموحده، بدلاً من أن يكون المرء واقعياً او اسمانياً (حروفياً) ، عليه أن يكون قارئاً «للأباء» وللإنجيل وأيضاً لشيشرون أو سينيك Cicérou ou Sénèque . فمن كوليشو سالوتاتي Coluccio Salutati (ت 1406) حتى مارسيل فيسين Marsile Ficin (ولد سنة 1433) ، سادت الرغبة في حياة حكيمة ومسيحية بعيدة عن النزاعات البربرية عند المدرسيين ، ومؤدية الى الأخلاقيين والحكماء العصور القديمة . ولكن هذا الأمر طرح مسائل أخرى لأن فيرجيل او شيشرون Virgile , Cicéron لم يكونا مسيحيين أكثر من « ارسطو » .

والشيء الواضح وراء كل هذا التطور هو التقدم في مجال الرؤية الفردانية في العالم . وأخذ شعور الإنسان يتناقص من جهة عضويته اللازبة بالجماعة ، في حين أخذ شعوره يزداد بفرديته تجاه الله وتجاه الطبيعة . وفي سنة 1336 حدد البابا بينوا Benoit الثاني عشر الحساب الخاص المكتوب على كل نفس أن تواجهه بمفردها عند الموت . وقد ظل مجمع فلورنسا حتى سنة 1438 يناقش هذا الأمر ايضاً . وأصبح الخلاص الشخصي هو الهم الشاغل عند الانسان المؤمن .

واصبحت التجربة الشخصية للإيمان ، وحتى الوجد الصوفي ، والتأمل الذاتي للنصوص ، أكثر أهمية من سلطان العقل الطبيعي في مواجهة سر التثليث . وما هو حق في الحياة الدينية اصبح صالحاً في الحياة المدنية . ولم يعد التفكير التجريدي حول الأنواع والأجناس له وزن كبير أمام التجربة المباشرة والفردية للاشياء ؛ « يجب ان نعيش الحياة والعالم كما يجب أن نعيش ايماننا » . وحاولت العقلانية التجريدية ان تجمع الأفكار في حقيقة شاملة كونية ، وميزت الفردانية التجربة الذاتية ، والالهام المباشر وغير القابل للاعلان عنه ، واللقاء المباشر مع الواقع المحدد . وسرعان ما تم تفضيل الإحساس والعمل على المعرفة العقلانية ، وتوسع الفرد على البحث الجماعي عن الحقيقة ، وسوف تزدهر هذه الفردانية الكاملة في الفكر النهضوي تدعمها الظروف التاريخية والاقتصادية والسياسية .

عزلة العالِم : ربما يبدو لنا علماء عصر النهضة الكبار ، بفضل معرفتنا لهم أكثر من معرفة زملائهم بهم ، شخصيات أقوى وأكثر حساً ، لدرجة الفظاظة احياناً . لا شك أن علماء القرون الوسطى لم يكونوا معتكفين في جامعاتهم

أو في أديرتهم ، اذ كان فيهم بعض الجوالين المشهورين . ان امثال كورنيلوس آغريبا Cornelius Agrippa وجيوردانوبرينوGiordano Bruno ، مروراً بفزال Vésale وبارسيلس Paracelse أو كاردان Cardan وغيرهم الكثير كانوا علماء جوالين ، لا يستطيعون الاستقرار ، ولا الثبات، يحتقرون كل شيء ، ومستعدّين لمخاصمة ملك أو مدينة أو كلية أو امير اسقف ، كما كانوا دائماً متحفزين للذهاب اينما كان . وانتهى الأمر بالثابتين المستقرين الى الخضوع للإكراه أو للإغراء : ان تيكوبراهي Tycho Brahé انتقل من بلاط ملك الدانمرك الى بلاط الأمبراطور ، اما ليونارد دافنشي Leonard de Vinci فقد جاء ليموت في امبواز . ولكن العالم وان لاذ في وطنه ، كما فعل كوبرنيك Copernic، لكي يعيش فيه عيشة مغمورة ، فان عالم عصر النهضة كان رجلاً وحيداً ، قد يكون له حماة ومعجبون وتلامذة ايضاً ، ولكنه لا ينتمي الى طائفة لا سياسية ولا فكرية . انه لا يشكل مدرسة ، ونظراؤه في اغلب الأحيان هم منافسون أو خصوم . ان عدم استقرار حياته يتلاءم مع هجومية فكره الذي يرى في المناظرة الأسلوب الطبيعي للحديث ، والشتيمة هي الحجة العفوية الأكثر بداهة ، ولكن الهجومية فيه هي دليل عزلته ، أكثر مما هي سمة اخلاقية طبيعية عنده .

ولكن العلوم قلّما اتكلت على انحياز اكثر ملاءمة او على حماة اكثر حماساً . فقد تكاثرت عبر أوروبا المراكز المنفتحة على الحياة الفكرية الجديدة . واحب الملوك أن يحيطوا انفسهم بالعلماء وبالموسوعيين ، ومولوا طباعة الكتب الفخمة ، وأمروا بصنع الأدوات وبتجميع المكتبات . وكانت الجامعات تفتح في أغلب الأحيان أبوابها للعلوم الجديدة وللأساليب الجديدة ، وانشأت كراسي ومنابر ، ومجموعات التاريخ الطبيعي وجنائن للدراسة النباتية . ومكنت المطبعة جمهوراً أكبر من التثقف بالثقافة العلمية . أن عالم القرن السادس عشر لم يكن يحق له الشكوى من التجاهل ومن الاحتقار .

ولكن مغامرة المعرفة هي ، اكثر من أي شيء، مغامرة منفردة كمغامرة الخلاص ،والانسان ينغمس فيها بكليته . ويرى باراسلس Paracelse وڤان هلمونت Van Helmont انها مغامرة واحدة ذاتية ، وان معرفة العالم لا تتم بدون صفاء القلب . ولكن غالبية العلماء ، وان لم يصلوا الى هذا الحد ، ينتهجون طريقهم الخاص. فقد وضع ليونارد Léonard ملاحظاته في دفاتر سرية وحماها بكتابة معكوسة ورفض تارتغليا Tartaglia الإفصاح ، أمام كاردان Cardan ، عن اسلوبه في حل معادلة من الدرجة الثالثة . وقام فيزال Vésale وحده وحتى النهاية بمشروع « لافابريكا La Fabrica » الضخم . والى فرنيل Fernel على نفسه ان يحقق وحيداً استخلاص طب عصره اما تيكو براهي Tycho Brahé فانكر ان يكون مديناً بشيء لكوبرنيك Copernic ،وأما جاليليه Galilée ، فأراد أن يتجاهل كبلر Kepler الذي اضطر الى انتظار وفاة تيكوبراهي Tycho Brahé للحصول على المعلومات التي كان يطلبها منه. ولا يفسر الحسد والغرور وحب الكتمان كل شيء في تصرفات العلماء. المهم في الأمر أن العالم في القرن السادس عشر لم يكن أمامه ، ولم يكن يريد أن يكون أمامه ، إلا الطبيعة ، وإلا الكمية الضخمة من الوقائع ، على تنوعها الكثير . وقد رفض أن يعترف لأي شخص آخر ، بأن يفسرها مكانه :وقد اعتقد أن لا أحد قبله قد فسرها على حقيقتها . ولم ينطلق أبداً مما

تم الإجماع على صحته ، كي يتقدم بالعلم ، إذ لا شيء ـ باستثناء بعض المجالات النادرة ـ قد تمّ الإجماع على قبوله . إليه وحده يعود أمر بناء العمارة الكاملة للمعرفة ، مباشرة ، انطلاقاً من مجمل الأحداث . انه الوحيد المسؤول الكامل عن كل شيء ومن يهاجمه في أمر تفصيلي يحطم كل عمله ويصبح عدوه .

ولم تؤثر كتلة العلم القديم في قناعته . أولاً لأنه لم يطلب من القدماء ، في أغلب الأحيان ، إلا تقديم الوقائع . ويعتبر بلين Pline ، يدعمه عند الضرورة البير الكبير Albert le Grand أو فانسان بوفيه Vincent de Beauvais مرجعاً لا ينضب بهذا الشأن . فالحدث المقروء في كتاب له نفس القيمة التي للحدث المراقب على الطبيعة . والرأي المقروء في كتاب ، يصبح هو أيضاً واقعة ، ويكون من الشرعي استخراجه من اطاره واستعماله بحرية تامة . ويتيح الفن الخاص ، فن المذكرات ـ القائم في الواقع على القيمة المطلقة المعطاة للكلمة ـ الاستشهاد بمؤلف مع اهمال فكره ، لبناء « علم مسيحي » مثلاً مبني على « التوافق الكامل » بين أبقراط Hippocrate وغاليان[1] Galien أو أفلاطون Platon وأرسطو Aristote اوموسى Moise وهرمز تريسميجيست Hermes Trismégiste . وأخيراً قلما اعتبز الفكر الأرسطي كعقيدة أكثر مما هو التعبير الأكثر قرباً من الطبيعة عن الحقيقة لأنه كان في ذلك الحين يتحكم في رؤية العالم ، الى درجة أن أولئك الذين يتنكرون مثل باراسلس Paracelse لمنطق « ارسطو »، لم يتوصلوا الى تفادي العالم الأرسطي تماماً . أن عالِم القرن السادس عشر في اللحظة التي ينوء فيها تحت ثقل الأفكار المجلوبة ، والمصنّفة بحماس ، هذا العَالِم كان مقتنعاً أنه يواجه الطبيعة . بحرية وبقوة عبقريته فقط .

علم اجمالي شامل : الطبيعة بكليتها ، إذ لا علم بدون الكلية . ان كل جزء من الكون يتجاوب مع الأجزاء الأخرى ، وكل حدث طبيعي يستثير السبب الأول . عندما قدم جان بودان Jean Bodin تصنيفاً للحيوانات بدأ هكذا :

- الحيوان
  - ذكي
    - سماوي
      - مرئي (النجوم التائهة والثابتة)
      - غير مرئي (ملائكة السماء والسماوات)
    - تحت القمر
      - مرئي (الانسان)
      - غير مرئي (النفوس بعد فناء الأجساد البشرية . ملائكة عالم تحت القمر ذات طبيعتين)
  - غير ذكي
    - ارضي
      - من غير دم
      - ذو دم
    - سابح
      - طائر في الفضاء
      - سابح في الماء

والميل ، الغاليانى ربما ، الى التقسيم المسرف كما يبدو عند فرنل Fernel أو فابريكيو داكوا بندنتي Fabricio D'Acquapendente يتناول دائماً مادة منسجمة

(1) غاليان أو غالينوس .

وفكـرة الانسـان الكـون الصغـير ، المتصـل مـع كلّية الكون تعبّـر عـن ذات القنـاعـة . ولا يـوجـد فـرق ، أو عـلى الأقـل مـسافـة لا يمكن تجـاوزهـا بين الـطبيعـة وفـوق الـطبيعـة . ان الله لم يـكـن خـارج الـكـون : إنـه يـقـذف فيـه بـاسـتـمـرار قـوى عـظمـى بـواسـطة الكواكب. ولم يكن علم النجوم يوماً بمثل هذه المشروعية ولا بقدر هذه الممارسة .وليس من المستحيل ان يكون هذا الشعور العميق بوحدة الخلق قد ساعد على بطلان التمييز الأرسطي بين عالم السماء وعالم ما تحت القمر ، بطلان كان تعذّر بدونه وجـود الثورة الفلكية .في نظر كوبرنيك Copernic ، بدون شك ، وبالتأكيد في نظر كبلرKepler ان الحاجة الى وضع الله في وسط الخلق هي التي حملت عـلى وضع الشمس ، هـذه الصـورة الآلهيـة ، في وسط الكون . والعلم يجب أن يكـون شمولياً ، لأن كل شيء قائم في الخلق ، ويجب أن يكون عملاً فـردياً ، لأن عليه (على العلم) أن يكتشف « مفتاح » الخلق . مما يعني ان العلم ، كما نفهمه ، لا وجود له . ولا توجد كلمة للتدليل على هذا العلم في خصوصيته التي نعهده بها. ان التاريخ والتيولوجيـا والفيلولوجيـا هي عناصر في العلم الكوني .

والعلم ان لم يكن كـونياً فهـو يسعى لأن يكون مـوسوعيـاً . كلنا نعـرف البرنـامج الـذي أعـده غارغانتوا Gargantua لابنه بـانتاغـرويل Pantagruel . ولا تتجـاوز بليوتيكـا يونيفـر ساليس Bib-liothéca universalis التي وضعهـا غيسنر Gesnerوكتب الـدروفانـدي Aldrovandi طمـوحـات العلم . ويجب أن يقال كل شيء عن كل شيء وكل شيء موضوع عـلى بساط البحث ، إذ كـل شيء له منفعة وكل شيء يرضي فضول العلمـاء المـوسـوعيين السـاعين وراء الأحداث . إن التحليل بالمماثلة الذي يستعمله باراسلس Paracelse باستمرار يمارس عمله براحـة تامـة في عالم حيث كـل شيء قابـل للمقارنة رغم أن كل شيء وكل كائن له ذاتيتـه وله فـرديته . عـالم يكون فيـه المنطق غـير مفيد والعقـل مضراً ، لأن العلم ، لكونه يميز ويفصل الانسـان عن الطبيعة ، فهو يخلق مسافـة بين العـالم وموضـوعه ويمنع الالهام والانسجام اللذين يدعمان المعرفة وحدهما ـ الهام شامل للكـون والهام مبـاشر بالمـوضوع هما الوسيلة والهدف من هذا العلم المغاير للثقافـة وبالضرورة الفرداني وغير القابل للإفشاء لأن «الأصفياء» وحدهم يقدرون عليه..

وعلم النهضة في عنوانه النقى تولد عن ثورة ضد الحركة الفكرية الأرسطية . فقد غزا العصور القديمة ليفتش عن شيء يصحح به « ارسطو » أو يعارضه : أن بطليموس Ptolémée ، اللاّارسطي ، لم يعرف تماماً الا عندما قام كوبرنيك Copernic بدحض أرائه ، باسم الفلكيين الفيثاغوريين . وقد اغتـذى علم عصر النهضة بصـورة خاصـة من فيثـاغـور Pythagore ومن افـلاطـون Platon ومن الأفلاطونية الجديـدة ، ومن الغنوصيـة ومن القبّالـة [التصوف اليهـودي] ، وجميعهم قد اعيـد طبع كتبهم وتـرجموا منـذ النصف الثاني من القـرن الخامس عشر ودرسـوا بـاستمـرار : من مـارسيـل فيسـان Marsile Ficin حتى جـان بودان Jean Bodin . ولكن هـذه الثورة ضـد أرسطو قـد نمت في مجتمع تعلم كيف يفكـر وفـقـاً « لأرسـطو » ويعيش في عـالم ارسطو . واذا كـانت الأرسطيـة قد تعـرضت لهجمـات بعض

المجددين فانها قد تقوضت من الداخل ببطء. وانه لمنظر عجيب منظر هؤلاء العلماء الأرسطويين الذين اعتقدوا بأنهم ما يزالون مخلصين لمعلمهم، وانهم يتكلمون لغته في حين انهم يهدمون بصورة تدريجية تماسك فكر لم يعودوا يفهمونه .

وقلما فقد علم عصر النهضة الاهتمام بما هو نافع، أي الاهتمام بالعمل حتى في أعلى تأملاته الصوفية . وهو بهذا ايضاً أمين للثورة المعادية للفكر والتي كانت سبب وجوده . وقد استخدم تعداد المخلوقات الذي قام به علماء الطبيعة من اجل تشكيل مجموعة طبية شاملة . أما الإستقراء العميق الذي أوصى به باراسلس Paracelse فقد كشف عن الفضيلة الطبية في الكائنات ، واراد الخيميائي أن يعيد في مختبره العمليات الطبيعية الغامضة ، في الوقت الذي كان يؤكد فيه ان هذه العمليات مستعصية على العقل . وقد ساعد حب الملموس على نبذ نظام «بطليموس» أما حب العمل المباشر فقد كان هو الموجه لنشاطات كل المهندسين العمليين الذين كانوا يهتمون قليلا بارسطو ، ويهتمون كثيراً بالميكانيك المفيد لهم . وظل ليونارد دافنشي Leonard de Vinci أشهر هؤلاء المهندسين ، ولكن ربما كان من الأهم ان نشير ان اثنين على الأقل من الرياضيين الكبار في القرن السادس عشر ، وهما بومبالي Bombelli وستيفن Stevin خرجا من صفوف هؤلاء المهندسين . وهنا ، وربما في هذا المجال فقط ، استخدم المحدثون العلم القديم كأساس وكنقطة انطلاق : فقد وجد إقليدس Euc-lide وديوفانت Diophante وخاصة ارخميدس Archimède ، خلفاءهم الحقيقيين في القرن السادس عشر .

ولكن كان من السابق لأوانه يومئذ أن تستطيع الرياضيات أحلال عقلانية جديدة محل عقلانية ارسطو . في حين أن المظاهر الصوفية لعلم القرن السادس عشر أدت الى رؤية للطبيعة غير عقلانية . أما ميله الى الملاحظة غير العقلانية ، والى الحدث الملموس والى التطبيق العملي فقد ضايق الجهد التجريدي اللازم لكل علم . ومواقف راموس Ramus خير دليل اولي على هذا . وأخيراً بدا عصر النهضة ، بعد أن ساعد جداً في تدمير النظام القديم وفي اغناء العلم بجملة من المعارف التفصيلية ، عاجزاً عن إيجاد نظام جديد ، وجرّ أوروبا إلى أزمة من أخطر أزماتها الفكرية في حياتها

إن البقية الباقية والمتينة يومئذٍ هي الرسالة القديمة عن العلم الفيثاغوري التي أعطاها غاليلي Galilée معنى جديداً : ان الطبيعة قد كتبت بلغة الرياضيات .

الكتاب الأول :

العلوم الحقة أو المحضة

تنقسم معالجتنا للعلوم الحقة في عصر النهضة الى ثلاثة أقسام : الرياضيات ، علم الفلك ، علم الفيزياء أو الميكانيك ، الذي لا يمكن أن يصنف في تلك الحقبة بين العلوم الحقة الا استباقاً .

وهذا التقسيم مصطنع حتماً : فعلم الفلك مرتبط ، بكل تأكيد بالرياضيات ـ وبالفيزياء أيضاً والأسماء نفسها تبرز في أغلب الأحيان في أكثر من فقرة إلا أن هذا التقسيم كان مناسباً عدا عن أنّه يمكننا من اكتشاف نوع من التسلسل ، ونوع من المنطق الداخلي في تفاعلية تاريخية تبدو وكأنها غير محفوزة ان لم نتناولها بهذا التقسيم .

وبالفعل ان تأثير العوامل الخارجية الذي يشير اليه المؤرخون أحياناً هو تأثير وهمي خالص . هكذا فإنّ ظهور المدفع لم يتسبب بولادة علم الديناميك الجديد : بل بالعكس أن تجربة المصنّعين هي الصخرة التي تكسر عندها جهد ليونارد دافنشي Leonard de Vinci وتارتغليا Tartaglia وبنيدتي Benedetti . والاحتياج الى الملاحة والحساب الكهنوتي وعلم النجوم كان يمكن ، بل كان من الواجب ، أن يحفز لبذل جهود تصحيحية في الجداول الفلكية ـ وهو أمر لم يحصل ـ وهذا الاحتياج لم يدفع كوبرنيك Copernic إلى قلب نظام الدوائر الفلكية و إلى وضع الشمس في مركز الكون . ومقتضيات التجارة ، واتساع المبادلات والعلاقات المصرفية عملت بكل تأكيد على نشر المعارف الرياضية الأولية وكذلك على نشر المحاسبة . ولكنها لا يمكن ان تفسر التقدم العظيم الذي احرزه علماء الجبر الايطاليين في النصف الأول من القرن السادس عشر ، ولا الجهد المبذول من اجل « ترميز » العمليات الحسابية والجبرية التي قام بها بصبر «كوسيّو» (Cossistes) البلدان التي تتكلم الألمانية .

وبالمقابل تبدو الحلقات الثلاث من الأحداث المكونة لتطور الرياضيات وعلم الفلك والفيزياء ـ إذا نظر اليها بمفردها ـ وكأنها مفهومة ، وان لم تبد مشروحة ومفسرة ـ اذ من العبث محاولة تفسير الإختراع أو الإكتشاف . ان تاريخ الفكر العلمي لا يرضى بأقل من هذا ولا يطلب أكثر من هذا .

الفصل الأول :
الرياضيات

I ـ يقظة الدراسات الرياضية

في مجال الرياضيات ، أكمل النصف الثاني من القرن الخامس عشر الحركة التي كانت تملأ النصف الأول ـ وهي حركة استيعاب كاملة للعلم الوسيطي والعربي من قبل علماء ذلك العصر . وقد اقترنت هذه الحركة بالعودة الى المصادر الأغريقية ، ثم بانتشار هذا العلم الرياضي ، بشكل متزايد في طبقات من الجماهير كانت تتسع أكثر فأكثر .

وقد ساعدت بعض الأحداث على تسريع هذه الحركة : منها سقوط القسطنطينية ، الذي قذف الى ايطاليا بجمهور من العلماء وبكميات من المخطوطات البيزنطية ، واختراع الكتاب الذي أدى الى انتشار النصوص بشكل واسع . لا شك أن الكتب الأولى المطبوعة كانت قليلة الاهتمام بالرياضيات ، والكثير من المؤلفات الموضوعة في منتصف القرن الخامس عشر مثل غالبية كتب نقولا دي كوي Nico-las de Cues وبورباخ Peurbach ثم ريجيومونتانوس Regiomontanus ، لم يطبع الا بعد ذلك بكثير . بل أن بعض الكتب لم تطبع على الاطلاق مثل كتب شوكيه Chuquet وكتب بيرو فرنسيسكا Piero della Francesca ، وعلى كل ظهر سفر (سفارا) جون ساكرو بوسكو Jean de Sacro-bosco, Sphaera في فراري سنة 1472 ، وتبعه من قرب ، كتاب بورباخ Peurbach المسمى « النظرية الجديدة في الكوكب » (تيوريكا نوفا بلانتاروم)Theoricae Novae Planetarum (نورمبورغ) Nuremberg 1472 . لا شك أن المربعات «الكوادري بارتيتوم Quadripartitum» التنجيمية التي وضعها بطليموس Ptolémée ظهرت سنة 1484 و1493 (في البندقية) أما المجسطي Almageste فلم يُعَدْ طبعه الا سنة 1515 باللاتينية (في البندقية) ، وفي سنة 1538 باليونانيّة (في بال) . ولكن «عناصر» (اقليدس Euclide ، بخط كامبانوس(Campanus) طبعت سنة 1482 في البندقية من قبل ارهارد راتدولت Erhard Radolt . وهكذا لم يُنْتس الرياضيون الوسيطيون . واذا كان ليونارد دي بيز Leonard de Pise قد ظل بدون ان تنشر كتبه حتى القرن التاسع عشر ، وليفي بن جرسون Levi ben Gerson حتى أيامنا هذه فان بعض كتب برادواردين Bradwardine وكتب جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorariusوحتى كتب نيقول أور سم

Nicole Oresme قد طبعت (من ذلك حساب جوردان Jordanus سنة 1496 و 1503 ، الخ وكتب برادواردين Bradwardine سنة 1495 الخ . والجيوماتيريا النظرية لهذاالأخير طبعت سنة 1495 . أما « لاتيتودين فورماروم Latitudine Formarum » لاورسم Oresme فطبعت سنة 1482 و 1486) وهناك كتب حديثة ظهرت أيضاً . وفي سنة 1478 ظهر في ترفيز كتاب « حساب » لمجهول تبعته سلسلة من الكتب الأخرى الايطالية أو الألمانية .

هذه المؤلفات العملية جداً في البداية ، والتي أتمت التعليم الشفوي للأباء الطليان وللمعلمين الألمان أخذت تتكامل بالتدريج : فبعد مضي 15 سنة على « موجز » ترفيز Trévise ظهر مجمع (سوما Summa) « لوكا باسيولي Luca Pacioli » في البندقية سنة 1494 . وهو حقاً « جامعٌ » لكل المعارف الرياضية في عصره .

نقولا دي كوي Nicolas de Cues وتأثيره : لقد أثر نيقولا دي كوي (1401 - 1464) تأثيراً أكيداً على ليونارد دافنشي Léonard de Vinci وعلى جيوردانو برونو Giordano Bruno وعلى كوبرنيك Copernic وكبلر Kepler ، رغم اشتهاره كفيلسوف لا كعالم ورغم أنه لم يكتشف أية حقيقة علمية : وذلك بفضل تأكيده على القيمة المطلقة لمبدأ الاستمرارية وعماهاته الجازمة بين الدائرة ومتعدد الأضلاع ذي العدد اللامتناهي من الجهات . وهاتان النظريتان كانتا أساس مبدأ « قياس الاحجام » (Stéreometrie) الذي وضعه كبلر Kepler ، نقطة انطلاق هندسة اللامقسومات في القرن السابع عشر .

إن مبحث العلوم عند « نقولا دي كوي » محكوم بمفهوم البنية الجدلية السائدة في فكرناالعقلاني القائل بالمنتهي وبالنسبي، وحيث المعارضة والتضاد هما القانون الأسمى ، والمحكوم بالمصادقة ، الجدلية ايضاً ، في هذه المعارضات والمتضادات داخل « المطلق واللامتناهي » ، مصادفة توصل عقلنا الى فهمها بفضل عمل ايحائي فكري أسماه ن دي كوي N.De Cues « العالِمَ الجهالة » دوكتا اينيورنسا » «Docte ignorance» .

كل فكرة تقوم على مقارنة ووضع علاقات معيّنة . والعلاقات تجد أفضل تعبير عنها في العدد . والعدد يعبر بصورة أساسية عن التعارض بين الصغير والكبير . كما أن العدد يدخل في نطاق المنتهي . .لا شك أنه بالإمكان الذهاب من الكبير الى الأكبر ومن الصغير الى الأصغر ولكن في هذه التصاعدية غير المحدودة لا نتخلى اطلاقاً عن مجال المحدودية ، فلا نصل أبداً لا الى الذروة ، أي الى عدد ليس هناك أكبر منه ولا إلى الأدنى أي الى قيمة لا يوجد بعدها قيمة أصغر . ولبلوغ «الأقصى» أو الأدنى يجب تجاوز السلسلة غير المحدودة للكبير والصغير . وهكذا ندرك أن الأقصى في الضخامة والأدنى في الصغر يتطابقان في فكرة اللامحدود .

وتطابق النقيضين في اللانهائي يتم أيضاً في مجال الجيومتريا حيث لا شيء يتناقض الا المستقيم والمنحني هذا اذا لم يكن التناقض بين المستقيم والخط المنكسر . ومع ذلك فان هذا التناقض لا يصلح

الا في مجال النهائي . وهكذا يتناقص انحناء الدائرة كلما تزايد شعاعها ويتزايد الانحناء اذا تناقص الشعاع ، ولكن الانحناء لا يصل الى أدنى مداه ولا إلى أقصاه . ولكنه يتلاشى في اللانهائي . من هذه الاعتبارات التي هي وراء الرياضيات استنتج « نقولا دي كوبي » استنتاجات مهمة . فقد حاول وهو يؤكد أن الرياضيات وحدها تتيح للفكر البشري الوصول الى اليقين ، وهي تشكل اساس الفيزياء - رغم أن حقيقة الفيزياء لا تنصاع تماماً للرياضيات - فقد حاول ان يطبق معتقداته على مسائل محددة في العلم .

وليس لأعمال « نقولا دي كوي » الرياضية قيمة كبيرة ، مهما دلت على عبقريته . ذلك أنه قام بمشروع مستحيل هو « تربيع الدائرة » ، وان حلوله تؤدي الى تشبيهات أو مقاربات غير مكتملة ،وهذا ما لم يقصر « رجيو مونتانوس Regiomontanus » في الاشارة اليه ، ونشير إلى أنه في «الرياضيات الكاملة » Mathematica Perfectione (1458) أورد التقريب الممتاز (بالمفهوم الحديث :

$$\varphi = 3 \sin \varphi/(2 + \cos \varphi)$$

يعرف « نقولا دي كوي » أن الخط لا يمكن أن يقسم أو يجزأ الى نقط . بل بالعكس ان لا تجزئية الخط تقوم على عدم امكانية تقسيمه إلا إلى خطوط ، حاله في ذلك كحال السطح (المساحة) الذي لا يقسم إلّا إلى سطوح ، أو حال الجسم (الحجم) لا يقسم إلا إلى أجسام . لا انقساميات ليست ، بأيّ شكل كان ، إلا انعكاسات للّاانقسامية المطلقة للنقطة التي تتضمن وتلخص بذاتها كل اللاانقساميات الأخرى

ويعرف « نقولا دي كوي » أيضاً أن متعددات الأضلاع الداخلة في الدائرة أو المخيطة بها ،رغم أنها ، بعد تكاثر اضلاعها ، تتقارب من بعضها البعض - ومن الدائرة التي هي حدها المشترك ،فهي لا تتطابق فيما بينها ولا مع الدائرة .

ويتيح مبدأ تطابق الأقصى والأدنى لـ « كوي » ان يؤكد ان مثل هذا التطابق يجب ان يحصل بين المثلث (الحد الأدنى من عدد الأضلاع) وبين الدائرة (الحد الأقصى المطلق لعدد الأضلاع).

هذه التأملات حملت « نقولا دي كوي » على التأكيد على مبدأ الاستمرارية - الذي اعلنه كامبانوس Campanus سابقاً - وبموجبه ان المقدار المستمر المتحرك بين الأقل والأكثر من مقدار معين ، يجب ان يساوي ، في لحظة معينة ، هذا المقدار المعين . ومبدأ تحليلاته يبقى هو هو دائماً : التوافق ، المفهوم بالحدس الذهني (الرؤيا الفكرية) بين الأقصى والأدنى في مجال اللامتناهي والتطبيق الأكيد لمبدأ الاستمرارية . إن العلاقة الصالحة بالنسبة للأقصى والأدنى تصلح أيضاً بالنسبة للقيم الوسيطة

التجديد عند بورباخ **Peurbach** : يقترن التجديد في الدراسات الفلكية والرياضية في أوروبا باسم وبعمل جورج فون بورباخ Georg Von Peurbach (1423-1461) . إذ معه بلغت الحركة الانسانية علم الفلك واعلن - دون أن ينكر التراث العربي بل بالعكس - بوجوب العودة الى الينابيع الأصيلة أي الى الأغريق ، في مجال علم النجوم .

ولد « بورباخ » في ضواحي لينز ودرس في جامعة فينا ثم ذهب الى ايطاليا حيث تعرف على

« نقولا دي كوي » وعلى الرياضي والفلكي بيانشيني Bianchini ، ولما عاد الى فينا ، سنة 1454 اصبح فلك الملك لاديسلاس السادس Ladislas VI ملك هنغاريا . وفيما بعد ذلك بقليل ، علم الفلك والحساب والأدب الكلاسيكي في جامعة فينا . وعلّم الألغوريتم وطبع ما علمه لأول مرة سنة 1492 ؛ وهذا الكتاب أعيد طبعه كثيراً بأسماء متنوعة ، وذاع واشتهر في القرن السادس عشر ككتاب حساب في الجامعات حيث حل محل كتاب « الألغوريتم » الذي وضعه ساكروبوسكو Sacrobosco . والواقع أن كتاب بورباخ قلّما يبدو أفضل من كتاب « ساكروبوسكو » : فهو يقدم قواعد بدون تبيين ، وتمشياً مع التراث كان يعتبر التبعيض Médiation والتكثير كعمليتين منفصلتين . فضلاً عن أنه لا يعالج إلا عمليات متعلقة بالأعداد الصحيحة . ونذكر أن « الألغوريتم » هو الحساب بالكتابة (بالريشة) ، وبارقام عربية ، بدلاً من الحساب بواسطة الرميات (Jetons) (« على الخط »)، المأخوذ عن العدادة (او المعداد) والمرتبط باستعمال الأحرف الرومانية ، والذي ظلّ سائداً حتى القرن السابع عشر ، كاسلوب في الحساب شائع لدى العدادين (التجار والصرافين الخ) . وكانت السلطات العامة بصورة خاصة تحبذ استعمال الأرقام الرومانية في السجلات الرسمية ـ لأن الأرقام العربية يسهل ، بحسب رأيهم ، تزويرها . ولهذا ظلّ الحساب وفقاً للطريقة القديمة يعلم على يد « العدادين » و « معلمي الحساب » ولم يخل المكان امام الالغوريتم الا متأخراً وعلى مهل . وظل يعلم في غالبية الحسابات العملية في القرن السابع عشر . وظل استعمال العدادة حتى أيامنا سواء في الشرق أم في روسيا .

والأهم من « الألغوريتموس Algorithmus » هو « التراكتاتوس Tractatus » وهو احد أوائل الكتب التريغونومترية التي كتبت في أوروبا ، واليه أضاف بورباخ Peurbach جدول جيوب « سينوس » Sinus ذا دقة لم تعهد من قبل ، في ذلك الزمن .

والجيوب (Sinus) اختراع هندي ، استعملت لتحل محل الأوتار (Cordes) التي كان الأغريق يستعملونها . واذا كانت ترجمة الكتب العربية قد جعلت هذه الفكرة مفهومة من العلما الأوروبيين ، فقد كان ينقصها جداول واضحة بما فيه الكفاية . واراد بورباخ ان يتلافى هذا النقص . واستند الى المناهج العربية وخاصة الى مناهج الزركلي (Arzachel) فوضع جدولاً بجيوب الزوايا (أقواس) مرتبة من 10 د إلى 10 د ومن صفر حتى 90° . وفي حسابه ، الذي وضعت نتائجه بشكل كسور عشرية (لا سداسية) ، اعتمد « بورباخ » 60 000 (6×10^4) كمقياس للشعاع (أو نصف القطر : سينوس توتوس) بدلاً من 60 وهو الرقم الذي اعتمده بطليموس Ptolémée من أجل حساب الخطوط (الأوتار) في المجسطي .

ولم تنشر جداول بورباخ . وقرر « رجيومونتانوس Regiomontanus » ان يستبدلها باخرى ، أكثر دقة ، حسبها بعد أن غير في الزوايا (الأقواس) بين درجة ودرجة ، متخذاً الشعاع مساوياً (6×10^4) ثم 6×10^6 (في جدول المماسات) ـ بل ان « رجيومونتانوس » استعمل حتى قيماً كسرية ذات شعاع (10^6 و 10^7) فاتحاً الطريق لادخال الأعداد الكسرية العشرية . ووضعت وفاته المبكرة حداً

لمشاريعه ، ولم ينشر « تراكتاتوس » بورباخ Le Tractatus de Peurbach مع جداول تلميذه الا في سنة 1541 من قبل ج. شونر J.Schöner . واخترع « بورباخ » أيضاً آلة رصد نجومية « المربع الهندسي » « كوادراتوم جيومتريكوم » Quadratum geometricum يرتكز مبدؤها على استعمال جداول السينوس .

مقدمات رجيومونتانوس (Regiomontanus) : ولد سنة 1436 قرب كونيغسبرغ (فرانكونيا السفلى) . واسمه الحقيقي جوهان مولر Johann Müller درس باكراً في جامعة ليبزيغ ثم في جامعة فينا حيث تتلمذ على بورباخ Peurbach . وقد عهد اليه هذا انهاء ترجمة بطليموس Ptolémée، وكان قد شرع بها. ورحل رجيومونتانوس Regiomontanus الى ايطاليا . وعمل في بادىء الأمر مع الكاردينال بيساريون Bessarion ومع جورج تربيزوند Georges de Trébizonde ، ثم عمل مستقلاً ، ناسخاً مخطوطات يونانية منها « المجسطي Almageste ». وتجول في ايطاليا ، قائماً بارصاد نجومية ، وتحالف مع بيانشيني Bianchini ، وأيضاً مع الانسانيين غارينو Guarino وتيودور الغزاوي Théodore de Gaza . وأكمل تصحيح نص اغريقي للمجسطي Almageste » كما أكمل كتابه « تريانغوليس أومنيموديس Triangulis omnimodis » (في البندقية سنة 1464) . وبعد الاقامة في فيينا وفي اوفن حيث قدم له ملك هنغاريا ، ماتياس كورفن Mathias Corvin ، وظيفة حافظ كنوزه . وفي سنة 1471 أقام في نورمبورغ ، حيث وضع تاجر غني برنهارد ولتر Bernhard Walther في تصرفه مرصداً ، ومعملاً لصنع الأدوات ومطبعة لنشر كتبه الخاصة والمؤلفات العلمية الكلاسيكية . ولكن ، في سنة 1476 ،استدعاه البابا سيكست (Sixte) الرابع ليستشيره حول اصلاح الروزنامة وعينه اسقفاً في راتيسبون . وبعد وفاته احتفظ ولتر Walther بمعظم كتبه ومخطوطاته ، ثم خلفه عليها الانساني الألماني ويلبالد بيركهيمر Willibald Pirckheimer .

كان انتاج « رجيومونتانوس » العلمي غنياً جداً ، ولكنه أقل أصالة مما كان يعتقد . لقد كان رجيومونتانوس مطلعاً تماماً على كتب سابقيه ، وبصورة خاصة على كتب عربية أو يهودية لم تكتشف مجدداً الا في القرن 19 . وقد أخذ عنهم وخاصة عن ليفي بن جرسون Levi ben Gerson, البتاني Al - Battani ونصير الدين الطوسي Nàsir al - din al - Tùsi أشياء كثيرة ظن البعض انها منه ، ورغم ذلك لا ينكر عليه أنه كان الأول في اعتبار « علم المثلثات » كفصل مستقل من العلوم .

وتضمن برنامجه الطباعي ، الذي احتوى العديد من المخطوطات المستملكة أوالمستنسخة ، مع كتب بطليموس Ptolémée ، غالبية المؤلفات الرياضية والميكانيكية في العالم القديم ، والعديد من المؤلفات الوسيطية ، وكتب وأعمال بورباخ Peurbach « نظرية الكون الجديدة » Theoricae novae planetarum » (التي نشرها سنة 1472) وتراكتاتوس . . (Tractatus... Super proposi-tiones Pto lemaei de Sinubus et Chordis) ثم أعماله الذاتية .

من بين هذه الأخيرة تحتل « خمسة كتب حول المثلثات » (نورمبرغ 1533) المقام الأول بقيمتها الذاتية وبأثرها . وبهذا الشأن يعتبر كتاب نصير الدين الطوسي Näsir al-din al-Tùsi : « كتاب

المربع الكامل» ونهاية (راجع المجلد الأول القسم الثالث، الفصل الثاني): أما كتاب «رجيومونتانوس » فيعلن عن انطلاقة جديدة رغم أنـه مستلهمٌ من الطوسي Al - Tusi والكتـابان الأولان من كتاب المثلثات مخصصـان للمثلثات ، أما الكتابـان الآخران ، والقسم الأكبـر من الكتاب الأخير فمخصصة للمثلثات الكروية . وبعد بحوث عامـة يبدأ علم المثلثـات بالمقتـرح X ثم يضع ، بالنسبة إلى كل المثلثات ، تناسب الأضلاع مع فرجة الزوايا المقابلة (Sinus) . وهذه القاعدة الأساسية الموجودة عند ليفي بن جرسـون Levi ben Gerson ، تطبق في حـل المسائـل المحددة المـطروحة عـلى أساس معطيات عددية تعالج بالحساب .

ويعالج الكتاب الثالث ومـطلع الكتاب الـرابع مـادة الأكر عنـد مينيلاوس Ménélaüs وعنـد تيودوز Théodose ويؤكد طرحان من طروحهما أن مجموع اضلاع المثلث الكروي أقل من دائرة كاملة وان مجموع الزوايا يزيد عن زاويتين قائمتين .

ونسبية جيوب (Sinus) الأضـلاع الى جيوب الـزوايا المقـابلة ، تُبيِّنُ فيـها بعد ، في حـالة المثلث الكروي القائم ، ثم تعمم هذه النسبية على كل المثلثات الكروية . وبواسطة أمثلة ، وحسابـات شاقـة بيَّنَ « رجيو مونتانوس » أن معرفة زوايا المثلث الكروي تتيح تحديد اضلاعه والعكـس .

ويعود الكتاب الخامس الى بعض القضايا باساليب جديدة وخاصة استعمال التجويف المعاكس (Sinus versus) المحـدد بالفـرق بين التجـويف الكلي والتجـويف المكمل (وهـو ما نـطلق عليه اسم « جيب التمام » (Cosinus) ، وهو مفهـوم لم يصل اليـه « رجيو مـونتانـوس » : ويعود الفضـل فيه الى « رتيكـوس » (Rheticus 1551) إمـا كلمـة Cosinus فقـد أوحى بهـا ي . غنـتر E.Gunter سنـة 1620 . ومضمون الكتاب الخامس المذكور يعكس تأثير البتاني Al-Battàni .

ومن المحتمل أن يكون « رجيو مونتانوس » قـد أعد صيـاغة كتـابه في ضـوء المعارف الجـديدة المكتسبة بعد سنة 1464 بعد قراءة البتاني Al - Battàni وخاصة معرفته للمماس (1) ، وقد وضع له جدول سنة 1464 ، إسمه الجدول «الخصب » نشر في اوغسبورغ سنة 1490 . وفي هذا الجدول يبدو الميل نحـو علم التنجيم لا علم الفلك واضحاً . وقـد أعاد رجيـو مونتـانوس Regiomontanus النظر فقط في الكتاب الأول منْ موسوعته وأعده للطباعة . ونشير أيضاً إلى كتـابة « مـدخل إلى عنـاصر

---

(1) ان فكرة المماس ، رغم استعمالها من قبل الفلكين العرب ، لم تلفت انتباه الغـربيين . إنها لم تكن مجهـولة منهم : فمنـذ القرن الثالث عشر استعملها روبر الانكليزي Robert L'Anglais بأصلها العربي « الـظل » . وفي القرن الـرابع عشر أشـار إليها بن جـرسون Levi ben Gerson في كتـاب ترجم إلى الـلاتينية سنـة 1342 عنـوانـه : « سينيس كـورديس اركـوبوس . . . (Sinubus, chordis, et arcubus, item instrumento revelatore secretorum) ; وهـذا الكتاب اعتبر أول كتاب في علم المثلثات مؤلف في الغرب . ولكن أحداً لم يلتفت إلى هذين المؤلفـين . وكان رجيـو مونتـانوس Regiomontanus الأول الذي أعترف بفائدة هذه الفكرة . أما فكرة المماس فقد ظهرت لأول مرة سنـة 1583 في كتاب « الهندسة الدائرية » للمؤلف توماس فنكي Thomas Fincke .

إقليدس » ، «Intropduction aux Eléments d'Euclide» والى رسائله العلمية الكثيرة .

الكتب الأولى : كان الربع الأخير من القرن الخامس عشر حقبة ناشطة ادبياً وطباعياً.. والكتب التي صدرت عن مطابع فرنسا وايطاليا والمانيا كانت قليلة الأصالة ، ولم تصل الى مرتبة مؤلفات عظماء الرياضيين من القرن الثالث عشر والرابع عشر أمثال جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius وليونار دي بيزا Leonard de Pise ونيقول أورسم NicoleOresme .إلا أن بعضها يدلنا على مستوى وعلى انتشار المعارف الرياضية وعلى الدور الذي لعبه اتحاد العلوم التطبيقية الرياضية مع الجبر ،من أجل تقدم هذا الأخير وقيامه بدور العلم المستقل . فضلاً عن ذلك تكشف لنا هذه المؤلفات عن جهد واع لوضع مختصرات تعبر عن العمليات الحسابية والجبرية التي كان يعبر عنها حتى ذلك الحين بواسطة الكلمات .

واعتبر كتاب « حساب ترفيز Trévise » سنة 1478 الأول من نوعه في الرياضيات التطبيقية . يقول الكاتب ، وهو غفل الاسم أنه كتبه بناء على طلب شبان يمتهنون التجارة وانه يتضمن قواعد مفيدة لكل أنواع الحسابات . ويوجز المؤلف العمليتين الحسابيتين الأوليين . في حين يتوسع في الضرب والقسمة ، وهي عمليات كان يستصعبها الناس في القرون الوسطى وفي عصر النهضة، ويقدم عنها تقنيات متنوعة . من ذلك الضرب بواسطة العامود ، ويستخدم عندما يكون الضارب مؤلفاً من عدد واحد . ثم هناك الضرب المصالب . وهناك اسلوب ثالث يمكن أن يستخدم بخمسة اشكال متنوعة، واحد منها فقط يتوافق مع اسلوبنا ، وهو الضرب عن طريق المربعات . اما القسمة فتتم بواسطة الأعمدة عندما يكون القاسم عدداً واحداً . أما إذا كان القاسم مؤلفاً من أكثر من عدد فتتم القسمة بما يسمى بقسمة السفينة وذلك بكتابة النتائج الجزئية فوق المقسوم ، ثم شطبها تباعاً في كل مرحلة ، وهي طريقة ما تزال مستمرة وقد اعتمدها الأقدمون وكذلك أهل الشرق الذين كانوا يكتبون على الرمل أو على الواح من شمع . (راجع المجلد الأول ، القسم الثالث ، الفصل الثاني) .

أما الميزان بواسطة الـ9 فهو جزء متمم للعمليات . ثم تأتي القاعدة الثلاثية ، ثم حساب الخلائط (تحديد وزن المعادن الثمينة الداخلة في الخلائط) حساب عدد الذهب في جدول الحسابات الكنسي. ومن بين المسائل المعالجة، وبعضها يعود الى العصور القديمة ، مسألة الملاحقة وهي مسألة الأرنب الملاحق من قبل كلب . وقد تعرض لهذه المسألة « الكوين » وكذلك مسألة تلاقي الساعيين المتجهين نحو بعضهما البعض.

وهذا الكتاب قد تبعته كتب اخرى من نفس النوع اشهرها كتاب بطرس برجي Pietro Borgi (البندقية 1484) .

ويتفق مع « حساب ترفيز Trévise» كتاب بعنوان « رشنبوك Rechenbuch» نشر في بنبرغ سنة 1482 ، نشره وغنر V.Wagner . وقد وصل الينا منه بعض الأجزاء . وهناك أيضاً كتاب

« بامبرجر رشنبوك Bamberger Rechenbuch» لكـاتب مجهول ، نشر في ذات المدينة في السنـة التالية . وفي هذا الكتاب يبدو الأثر الايطالي واضحاً . وهذا الكتاب الأخير اكمل وأكـثر منهجية ويعلم العـد والجمع والـطرح والضرب وفقاً لخمسـة اساليب والقسمـة وفقاً لعـدة اساليب : قسمـة الأعـداد الصحيحة مع ميزان السبعة وقسمة الكسور ، ثم جمع التصاعد الحسابي والتصاعد الهندسي ثم القاعدة الثلاثية أو القاعدة الذهبية .

وخصص فصل فيه للحساب بواسـطة الفيشات (dieguldenregel) . ومصدره ايطالي واضح من الاسم . ونجد فيه مسائل حول صرف العملة والمزج ، وقاعدة الشراكة . ووضعت جداول تدل مباشرة على هذه المسائل المتنوعة . أما كتاب جان ويدمان Behende und hubsche Rechenung auf allen Kauffmannschaffl, Leipzig,.1489 نشر في ليبزغ سنة 1489، فهو أكمل من «الرشنبوك Rechenbuch » ، وان أخذ عنه الكثير، ومستواه أعلى وأكمل . وهـذا الكتاب يعلن عن تـلاحم الحساب والجبر. ويعتبر كتاب لوقاباسيولي Luca Pacioli واسمه « سوما Summa» خير مثال على ذلك

وجوهر فائدة هذا الكتاب يكمن في أستعمال العلامتين + و – وهما لا تـدلان لا على عمليـات الجمع والطرح ولا على اعداد ايجابية او سلبية ، بل تدلان على النقص والزيـادة او العلاوة والحسم : ثـلاث أكيال (–) انشـان 2 ؛ 3 ماركات (+) 3 دوانق . وتمشيـاً مـع استعمـال دائم للرياضيـين الـوسيطيـين والشرقيين تصنف المسـائل وقـواعد حلولهـا ، رغم تقاربهـا في النـوع ، كـل حـالـة عـلى حـدة ويعطى لكل منها اسم خاص والاستعانة بالجبر (كوس)[1] يظهـر في معالجـة مسائـل تتعلق بالفـائدة البسيطة والمركبة وبالمسائل التي تقتضي افتراضاً خـاطئاً ومزدوجاً . ولم يستعمـل ودمان Widmann الفاظ الجبر اللاتيني ولم يكتب صيغاً بل أعلن عن قواعد تدخل في جملة المعلومات الجبرية . أما مستوى المعرفة الرياضية السائد يومئذ فمعروض في مخطوط موجود في مكتبة ميونـخ (1461) وفي مخطوط أخر في مكتبـة درسده. المخـطوط الأول يتضمن معـالجـات بقلم أورسـم Oresme، وبـرادواردين Bradwardine، ونيقولا كوي Nicalas de Cues ، حول الهندسة العملية ، وطـريقة في الحسـاب بواسطة الكسور ، وحساباً جرمانيـاً لاتينياً ، يبدأ على نمط حساب بويسBoéce ، بتحليلات حـول الأعداد المزدوجة والمفردة ، وحول الأعداد الأولى والكاملة وينتهي بدراسة التصاعـد وبقاعـدة فالسي regula falsi وقاعدة اورا Regula aurea velde tre . . . مع العديد من القواعد الخاصة والأمثلة . كما يتضمن هذا المخطوط الأول فقرة من ترجمة كتاب الجبر للخوارزمي al - Kwarizmi .

ويتضمن مخطوط درسده Dresde ، فيما يتضمن ، كتابين عن الجبر واحد لاتيني والآخر الماني ، حيث توجد اشارات متنوعة للدلالة على «القوى، الأربعة الأولى » فوق المجهول ، كما يتضمن تصنيفاً للمعادلات التي تميز بين الأنماط الستة الكلاسيكية لمعادلات الـدرجة الثـانية (ومنها ثلاثـة أنماط من

(1) إن كلمة كوس Coss تعني عند الألمان الجبر وتعني عند الطليان من المتعاملين بالجبر « المجهول » أو الشيء المطلوب .

المعادلات الناقصة) و18 أخرى تكعيبية ومزدوجة التربيع . وهذه تضاعفية تميز بها جبر القرون الوسطى وعصر النهضة ، وتفسر ، بجهل العدد السلبي والحاجة الى عدم استعمال قيم غير القيم الايجابية في المعادلات .

مثلث شوكيه: أن كتاب « الأقسام الثلاثة في علم الأعداد »، المكتوب في ليون سنة 1484 ، بقلم الطبيب الباريسي نقولا شوكيه Nicolas chuquet ، يسمو في مستواه فوق الكتب السابقة ، وأيضاً فوق كتاب « سوما Summa » لمؤلفه لوقاباسيولي Luca Pacioli . وعلى كل ، واذا كان بالامكان القول بأن واحداً من هذه المؤلفات قد أثر بصورة مباشرة في المؤلفات الأخرى ، فان تشابهها يدل على أنها تدخل في ذات التراث.

تتضمن دراسة «شوكيه»، التي ظلت مخطوطة في زمنه ، ثم اكتشفت ونشرت من قبل « ا، مار A. Marre » سنة 1880 ، ثلاثة أقسام مخصصة للأعداد ذات الجذور والأعداد غير المجذرة ولنظرية المعادلات .

وبدأ «شوكيه»، بحكم امانته للتراث ، بالتعداد ، أي بشرح نظام الأعداد وكيفية كتابتها وظهر دور الصفر بوضوح تام . ومن أجل تسهيل التعداد ، اقترح شوكة تقسيم الأعداد الى مجموعات (بواسطة النقط) واعطاء كل مجموعة اسماً يدل على مرتبتها مباشرة . من ذلك انه بدلاً من القول « الف الف » يقال « مليون » ، وبدلاً من القول « مليون مليون » يقال بليون ثم تريليون ، كوادريليون الخ . وهكذا الى آخر ما يراد تعداده .

ان المعجمية التقنية التي استعملها «شوكيه» متقنة الصنع . وهي في معظمها ما تزال تستعمل اليوم . اما جدول الضرب فيسميها «الكتيب الصغير حول الألغوريسم»، وهي مرتبة بشكل مثلث. ويفضل «شوكيه» بدلاً من ميزان الـ9 ، لأنه لا يمكن أن يكتشف بعض الأخطاء ، ميزان الـ7 « لأن الـ 7 لا تأتلف مع الأرقام مثل 9 ». ويلاحظ «شوكيه» ان الضرب والقسمة باثنين او ثلاثة الخ هي حالات خاصة في العمليات العامة وليست عمليات خاصة.

ويحدد «شوكيه» أيضاً التصاعدية الحسابية والتصاعدية الهندسية بوضوح ، وفي هذا اعظم عناوين مجد «شوكيه»، حين يجري التوافق بين التصاعديتين :

« اذا كانت التصاعدية الحسابية هي تصاعدية سلسلة الأعداد والتصاعدية الهندسية تبدأ بمطلق عدد الا ان (مخرجها (Dénominateur) أو ضاربها يساوي هذا العدد ، [وهذا ما نرمز اليه اليوم بنمط $a, a^2, a^3 ... a^n$] » عندها (يقول «شوكيه») ، أن حاصل ضرب عددين من السلسلة الثانية ينتمي الى السلسلة ، وعددها الترتيبي يكون مجموع الأعداد الترتيبية لهذه العوامل .

ونجد هنا ، وهذا امر مهم ، أول مظهر من مظاهر فكرة الحساب اللوغاريتمي .

وفي معالجته للقاعدة الثلاثية وللقواعد المتعلقة بالموقع وبالموقعين ، يتصرف شوكيه Chuquet بشكل متماسك تماماً وتناظري فيما خص الأعداد الايجابية والأعداد السلبية ، ويعطي قواعد

استعمالها : « ضرب زائد بناقص أو العكس يعطى دائماً ناقص . أما قسمة زائد بزائد وناقص بناقص فيعطي زائد ، ومن يقسم زائد على ناقص أو ناقص على زائد يحصل على ناقص ». والنوعان من الأعداد ، وكذلك عمليات الجمع والطرح يرمز اليها بالإشارات (اختصار $\bar{m}$ و $\bar{p}$. وظهرت علامات اخرى في بقية المؤلف من ذلك ان الجذر Racine يرمز اليه ℞ (وقد سبق أن استعملها ليونار دي بيز Leonard de Pise ورجيو مونتانوس Regiomontanus) .

يضاف اليه المثقل Exposant : ℞^{2} إشارة إلى الجذر التربيعي (الجذر الثاني) و ℞^{3} من اجل الجذر الكعب . وقد عالج مسألة توسيع هذا الترميز ليشمل الجذور الأولية (℞^{1}) التي هي الأعداد بذاتها (℞^{1} 12 = 12) .

أما الترميز (الأسي Exponentielle) بواسطة الرموز العليا الموضوعة على اليمين فقد وسع من الجذور الى مضعفات المجهول . ويسمي «شوكيه» المجهول « بالعدد الأول » ، ويشير الى أن القدامى كانوا يسمون هذا المجهول شيئاً (cosa و Res) ، ولكنه لم يكتبه في تركيباته ومعادلاته . من ذلك أن 12^{1} تعني في الترميز المعاصر 12^{x} . أما الأعداد الثانية والثالثة فتدل على تضعيفات المجهول ($12x^{5} = 12^{5}$, $12x^{2} = 12^{2}$) . ولكن رغم هذه الثغرة - عدم ترميز المجهول - فهم «شوكيه» تماماً المعنى العميق للترميز الأسي .

فهو قد طبق ، ليس فقط في الضرب وفي القسمة الجاريين على تعابير من نمط $a^{m}.a^{n}$ ، وبدون تردد قاعدة الجمع والطرح في المثقلات (من ذلك $12^{3} \times 10^{5}$ تعطى 120^{8} أي في الترميز الحديث : $120x^{8} = 10x^{5} \times 12x^{3}$) بل لم يتردد أو يضطرب امام المثقلات السلبية ولا أمام المثقل صفر الذي يدل على عدم وجود مجهول .

وتبدو معالجته لاستخراج الجذور التربيعية والتكعيبية (وقواعده بهذا الشأن قريبة من القواعد المطبقة اليوم في كتبنا) من حيث وضوحها ، فريدة في القرن الخامس عشر . وفي نظرية المعادلات لم يحاول «شوكيه» ، وهو بهذا امتاز على معاصريه ، ان يكثر من القواعد الخاصة ، بل بالعكس حاول أن يعثر على القواعد الأكثر عمومية ، وأدخل أربع طبقات قانونية تكتب في الترميز العصري (في المعادلات الرباعية أو القابلة للتخفيض والتحويل الى رباعية :

$$ax^{m} + bx^{m+n} = cx^{m+2n} \qquad ax^{m} = bx^{m+n}$$
$$ax^{m} + bx^{m+m} = cx^{m+n} \qquad ax^{m} = bx^{m+n} + cx^{m+2n}$$

والأمثلة المعالجة تتضمن احياناً حلولاً سلبية تعتبر صحيحة تماماً . وهناك حلول تؤدي الى معادلات غير محددة او الى مجموعات من المعادلات تتيح في الواقع حلولاً كثيرة . ويتضمن مخطوط « شوكيه »المحفوظ في المكتبة الوطنية في باريس (324 ورقة) ، يتضمن هذا المخطوط ، بعد « الأجزاء الثلاثة » (ورقة 1 إلى 147) مجموعة من 166 مسألة ، وبحثاً تطبيقياً حول تطبيق الجبر على الهندسة ، وحساباً تجارياً .

وفي بعض المسائل من الدرجة الاولى ذات المجهولات المتعددة ، يبرز ترميز جديد . فالمجهول

الرئيسي يرمز إليه دائماً بـ 1^1 ، والمجهول الثاني يرمز اليه 1^2 ، وتوصل « شوكيه » الى التعبير عن هذا بالنسبة الى الأول . وهناك مجهول ثالث رمز اليه 1^2 ، ثم عبّر عنه ايضاً بالنسبة الى الأول . وهكذا يعود الحل الى قاعدة الأوليات (J.Itard) .

وللأسف لم يُنشر كتاب « الأقسام الثلاثة » ، رغم أنّه عُرف ، ورغم ان افكار «شوكيه» قد وجدت هنا وهناك وبصورة خاصة في كتاب الحساب الذي وضعه اتيان دي لاروش Etienne de La Roche (ليون 1520و1538) . ولم يكن لهذا المؤلف ، في تطوير الجبر . ذلك الأثر الذي كان يجب ان يكون له ولذا استخدم كتاب الجامع « سوما Summa » الذي وضعه لوكاباسيبولي Luca Pacioli ، في القرن اللاحق ، كنقطة انطلاق ومصدر ثانٍ ، في علم الرياضيات النظرية والعملية .

مؤلفات باسيولي Pacioli : ولد لوكا باسيولي Luca Pacioli (اولوكادي بوغرو سبولكرو Luca di Borgo S.Sepulcro) حوالي سنة 1445 في بورغو سان سبولكرو ، في أومبري . وفي سنة 1464 ، جاء الى البندقية وفيها اكتسب المعارف التجارية التي تجلت في كتابه « الجامع » (Summa) . وبعد أن ارتدى لباس سان فرنسوا San François ، وبعد أن اكمل دراسته ، درس الرياضيات في بروز (1475) ثم في مدن اخرى من أيطاليا. وأخيراً في روما حيث مات سنة 1514.

وكتاب «الجامع» في الحساب والهندسة والنسبة والنسبيات ، الذي سبقته ثلاثة كتب متوسطة الحجم وغير منشورة ، أكمله سنة 1487 ، في بروز ونشره سنة 1494 في البندقية . أنه كتاب كبير (600 ص) (300 ورقة) ضمٌ ، فضلاً عن المواضيع التي أشار إليها العنوان ، محاضرة كاملة عن الحساب التجاري . انها موسوعة حقة . وهذا الكمال ، المبتغى عن وعي ، من قبل « باسيولي »، هو الذي يفسر نجاحه ، الذي لم يحط من قيمته انعدام الترتيب ، ولا صعوبة الأسلوب واللغة .

يقسم الكتاب الى خمسة أقسام ، قسمت بدورها الى معالجات ومتمايزات . ولكنه لا يتضمن الا مجلدين . يحتوي الأول منها على الحساب (النظري والتطبيقي) وعلى الجبر (224 ورقة) والثاني يتضمن الجيومتريا (الهندسة) (76 ورقة) .

من الناحية الرياضية ، هناك تجديد قليل جداً في « الجامع » « لباسيولي ». ولكن المؤلف لا يبتغي الأصالة ، ويشير بصراحة كلية الى الكتاب الذين أخذ عنهم أو نقل عنهم . ومن بينهم من الأقدمين : افلاطون Platon، وارسطو Aristote واقليدس Euclide وارخميدس Archiméde ونيقوماك Nicomaque وتيون الأزميري Théon de Smyrne وبويس Boéce، ومن بين علماء القرون الوسطى : ثابت Thàbit ، واحمد بن يوسف Ahmad ibn yüsuf، وليونار دي بيز Léonard de Pise، وبرادواردين Bradwardine ، وبليزدي بارم Blaise de Parme، والبير دي ساكس Albert de Saxe وجوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius،وجان ساكروبوسكو Jean de Sacrobosco ؛ ومن بين المعاصرين أشار الى بسرودوسيمو بلدوماندي Prodoscimo de Beldomandi، (الذي ظهر كتابه الألغوريتم الكاملة ، المؤلف سنة 1428 في بادو سنة 1483) .

ويتضمن القسم الأول من « الجامع » المادة الأولية المعروفة في الحساب النظري والألغوريسم

ومختلف أنواع الأعداد (المربعات، المنحرفات،المثلثات، الكاملة، المتعاطفة ...). وعرضاً موجزاً لنظرية المتعددات الأوجه المنتظمة الخمسة .

وبعدها يدرس العمليات الحسابية الكلاسيكية المعروفة يومئذ : العدد ، الجمع والطرح والضرب والقسمة والتصاعد ، واستخراج الجذور . ويلاحظ ان التوسط والتضعيف قد أهملا تماماً أما الجمع فقد رمز اليه بالعلامة $\bar{p}$ ويتم باسلوب واحد . أما الطرح فقد رمز اليه ب $\bar{m}$ وهو وارد بثلاثة اساليب مختلفة.

أما الضرب فيتم وفقاً لثمانية اساليب ؛ والقسمة اربعة منها اسلوب جاليا Galea الشبيه بالاسلوب الذي يسميه « حساب ترفيز Trévise » ، per batello a galea ، واسلوب Danda ، الذي طبقه الممارسون برأي « باسيولي » ، والذي يشبه اسلوبنا . واستعمال موازين الـ 9 والـ 7 كان شائعاً جداً . وبعدها تأتي الفصول المستوحاة من ليونار بيزا Leonard de Pise ، حول التصاعد وحول استخراج الجذر التربيعي والتكعيبي (وهذه الحالة الأخيرة قد عولجت ضمن الفرضية التي يؤدي الاستخراج فيها الى عدد جذري) ، وبعدها تأتي دراسة الكسور وفق ترقيم شبيه بترقيمنا .

وأشار « باسيولي » الى المختصرات المستعملة في الحسابات العادية كما أشار الى مختصرات أخرى سماها حرفياً « بالجبرية » (كاراتيري الجبريسي Caratteri algebrici) والتي تستعمل في قاعدة المجهول Regola della cosa .

«ومن بين هذه المختصرات الاشارة ℞ التي ترمز الى الجذر (℞ الأولي يماثل العدد ، ℞ أو ℞2 يدل على الجذر التربيعي و ℞3 يدل على الجذر التكعيبي : والمثقلات لا توضع كمثقل كما هو الحال عند شوكيه Chuquet بل على مستوى اشارة ℞ . و« باسيولي » لا يستعملها الا في الجذور التربيعية والتكعيبية) .

اما الجذور ذات التثقيل الأعلى ، فقد اتبع فيها خطأ مبدأ الجمع ، وذلك بشكل قليل التماسك : من ذلك $\sqrt[7]{}$ يساوي *℞ ℞ ℞ cuba* أو $\sqrt[5]{}$ يساوي *℞ relata* ؛ $\sqrt[6]{}$ يساوي *℞ cuba* ل *F. cuba*
أما $\sqrt[8]{}$ تساوي *℞ ℞ cuba* ل *℞ cuba* .

ويكتب الجذر التربيعي لتعبير جبري كما يلي *℞ u (radix universalis)* . ويجب الاشارة الى ان نفس الرموز تستخدم أيضاً للدلالة على الأعداد المضروبة بنفسها أو بمثقلات . وهذا لا يساعد على الوضوح».

ولكن الترقيم الأكثر اعتياداً ، بالنسبة الى الأعداد المثقلة Puissances مختلف تماماً . فالمجهول (Res, أو , cosa) يرمز اليه بالرمز *co* . أما الأعداد المثقلة فلها أسماء خاصة وتميز بالاختصارات التالية :

---

carré مربع ; cube : مكعب

censo = ce. (carré) ; *cubo* = cu. (cube : x^3) ; *censo de censo* = ce.ce. (carré de carré : x^4); *primo relato* = p°.r° (x^5) ; *censo de cubo* = *cubo de censo* = ce. cu. (x^6) ; *secundo relato* = 2°.r°. (x^7) ; *censo de censo de censo* = ce.ce.ce. (x^8), etc.

هذا النظام من التسميات يرتكز على ضرب المثقلات وليس جمعها . واضطر « باسيولي » الى الاستعانة باسماء خصوصية (Les relati) وبالاختصارات الخاصة بالنسبة للأعداد المثقلة ذات التثقيل الأوّلي مثل 11,7,9 ؛ الخ .

ويرمز الى المعادلة بكلمة يساوي أو بخط قصير : ـ ، أو بلا شيء . والعدد الثابت الوارد في معادلة ما يسمى Numerus . وفي الحالة النادرة والتي يجب تجنبها حيث تتضمن المعادلة مجهولين يرمز الى الثاني أو quantita ، بعلامة خاصة : $q\beta^{a}$.

وفي درسه للجبر بالذات بدأ « باسيولي » بتفسير الاشارة $\bar{p}$ و $\bar{m}$ (زائد وناقص) حيث اختصر استعماله في سلسلة من القواعد مقوية للذاكرة . ويوضح أن البراتيكا سبكولا تيفا La Pratica speculativa ، والمسماة عامية « قاعدة الشيء »، أو الفن الكبير تسمى أيضاً الجبر والمقابلة .

وفي نظرية المعادلات هناك ثلاثة انماط خاصة بسيطة $ax^2 = bx ; ax^2 = c ; bx = c$ (في الترميز العصري) ، وثلاث حالات رئيسية هي $x^2 + b = ax$ ؛ $x^2 = ax + b$ ؛ $x^2 + ax = b$.

وحل المعادلات الاخيرة مختصر بثلاثة قواعد سهلة التذكر . والمعادلات من درجة اعلى (Bi-quadratique) تجمع في ثلاثة انماط اثنان منها يُردّان الى معادلات من الدرجة الثالثة وتسمى مستحيلة

ويطرح باسيولي Pacioli فيما بعد ولأول مرة ، موضوع الأحزاب : وهي لعبة يتوجب للرابح فيها جميع ست علامات ، وتتوقف عندما يحصل احد اللاعبين على خمس علامات والآخر على علامتين . فكيف تمكن قسمة الغنيمة؟ والحل الخاطىء: بنسبة النقط الحاصلة .

القسمان الثالث والرابع اللذان ينتهي بهما هذا الكتاب الأول يشكلان كتاباً في المحاسبة ذات القيد المزدوج وجدولاً بالنقود والمقاييس المستعملة في ايطاليا ، والمأخوذة عن كتاب لمؤلف مجهول ، غالبا ما يظن أنه جورج شياريني Giorgio Chiarini . (والكتاب طبع في فلورنسا سنة 1481 تحت عنوان Libro che tratta .

والمجلد الثاني من كتاب « الجامع Summa » يعالج مختلف المسائل الهندسية القياسية . وفيه جمعت مئة مسألة «مفيدة جداً » ، في «دراسة خاصة حول الأجسام المنتظمة والعادية » . أما أكثرية المسائل فتعالج بالحساب لا بالبناءات الهندسية . أما الكلام عن المعالجة الجبرية فخاطىء لأن « باسيولي » يدرس مسائل خاصة ولا يتجاوز أبداً مستوى الحساب .

وفي سنة 1509 أصدر « باسيولي » في البندقية كتاباً من ثلاثة أقسام عنوانه Divina proportione . . . والقسم الثالث من هذا الكتاب نقل نقلاً دراسة ظلت غير منشورة كتبها بيرودلا فرنسيسكا Piero della Francesca .

وفي القسم الأول ، وهو القسم الوحيد الذي يعني بالنسبة (العدد الذهبي ، أو القسمة لعدد ما الى حد raison متوسط والى حد أقصى (en moyenne et extrême raison) ، يمتدح « باسيولي » النسبة ، ويبرر وصفها بالربانية Divine باعتبارات مأخوذة من الفلسفة الافلاطونية ومن اللاهوت المسيحي ، ويشرح لنا دورها الضخم الذي تلعبه في تكوين الكون وكذلك في تكوين الجسم البشري . وتلي سلسلة من المقترحات المتعلقة بهذه النسبة (المستعارة من أقليدس Euclide) ، ثم مناقشة لتطبيقات هذه النسبة في مجال الهندسة المعمارية ، والطباعة ، وفي بناء البوليدر (مضلع متعدد الصفحات) المنتظم ونصف المنتظم . ويذكر « باسيولي » بهذه المناسبة عدة مجموعات من نماذج هذه الأجسام ، وقد قام بنفسه بصنع مثل هذه المجموعة في نيسان 1489 . وتتضمن صورته الشهيرة من صنع جاكوب بارباري Jacopo de Barbari تصويراً لاثنين من هذه النماذج(مضلعين واحدمنهما منتظم والآخر نصف منتظم) . ومن اجل رسم الصورة في كتابه حصل « باسيولي » على مساعدة ليونارد دافنشي Léonard de Vinci[1] .

ليونارد Léonard والرياضيات : تقع اعمال ليونارد دا فنشي ، Léonard de Vinci ، كأعمال صديقه لوكا باسيولي Luca Pacioli بين القرنين الخامس عشر والسادس عشر . وهو فكر شمولي اذا كان حقاً هناك من فكر شمولي ، وهو اعظم أعاظم الهواة ، بحسب تعبير ج . ل . كوليدج J.L.Coolidge . وقد عني « ليونارد » بكل المجالات العلمية : الهندسة ، الميكانيك ، الجيولوجيا ، والجغرافيا ، الفيزيولوجيا والتشريح ، علم النبات والبصريات ولم يفته شيء أمام حشريته المحرقة وكان فكره في كل مجال من هذه المجالات متقدماً سباقاً .

ولم يكن « ليونارد دافنشي » (1452 - 1519) نتاج تعليم جامعي ولا هو نتاج ثقافة أدبية انسانية ايطالية . واذا كان بيار دوهيم Pierre Duhem ، في دراساته الشهيرة حول « ليونارد دافنشي ، ما قرأه ومن قرأوه » (باريس 1909 - 1913) قد قدم لنا العالِم المشبع بالتراث العلمي الوسيطي الذي أنقذه «ليونارد» من النسيان ونقله الى خلفائه في القرن السادس عشر والسابع عشر ، فالعلم الحديث لم يحتفظ بشيء من هذه الصورة . ففي زمنه وفي الزمن الحديث اعتبر ويعتبر « ليونارد» رجلاً غير مثقف بالثقافة الكلاسيكية ، رجلاً يجهل اللاتينية واليونانية ، وممارساً عملياً ، وفي افضل الأحوال رجلاً عصامياً .

والمعاصرون ـ معاصرو « ليونارد » ومعاصرونا ـ هم على خطأ وعلى صواب في آن واحد . على

(1) يتوجب الاشارة إلى الترجمة اللاتينية « لعناصر اقليدس » Euclide التي نشرها « باسيولي » سنة 1509 في البندقية . ومن المعلوم ان هناك نسخة من « العناصر » بخط كمبانوس مأخوذة من العربية وقد نشرت بعد 1482 . وانتقد بارثولومو زامبرتي Bartolommeo Zamberti الاخطاء فيها ولغتها الجافة ونشر في سنة 1505 في البندقية ترجمة جديدة نقلاً عن مخطوطة يونانية . وقد قام مجدد كمبانوس على هذا ، إذ كان يعتقد أن المعطيات وحدها كانت من صنع «اقليدس» أما البيان والايضاح في النسخة اللاتينية فكانت من صنع كمبانوس ، اما البيانات في النص الاغريقي فكانت من صنع تيون Théon ـ وقد اعتبرها « باسيولي » غير كافية من الناحية الرياضية (أي ترجمة زامبرتي Zamberti) ، فاعاد ، نشر نسخة كمبانوس Campanus بعد تصحيحها . والخلط في زمنه بين « اقليدس » وبين الفيلسوف اقليدس المغري Euclide de

خطأ حين يقللون من عدد الأشياء التي تعلمها الشاب « ليونارد » في مدرسة اندريا فروكشيو Andrea del Verrocchio حيث عمل في معمله وتكون على يديه : فمعمل كبير مثل معمل فروكشيو Verrocchio حيث يتعلم المبتدىء ، غير التصوير ، فن قولبة البرونز وتشذيب الصخر ، وفن وضع الخرائط وحفر القنوات وفن بناء البيوت وتحصين المدن ؛ هذا المعمل يشبه الى حد بعيد مدارسنا للفنون الجميلة ، أو مدارسنا للفنون والمهن ، أكثر مما يشبه معمل رسام حديث . وممارسة كل هذه الفنون ـ حتى فن الرسم الذي يتطلب معرفة بالأبعاد ـ تتطلب زاداً علمياً رياضياً بصورة خاصة لا يستهان به على الأطلاق .

وهم على حق في التركيز على التكوين العملي وحتى الحرفي عند «ليونارد»: فهذا التكوين ربما يفسر لغته الهندسية المحدودة . أن ليونارد في أعماقه هو مهندس ومصمم آلات . وليس هو بالمنظر . كما أن جيومتريته هي جيومترية الميكانيكي : والحلول التي يسعى اليها هي حلول عملية تقريبية تتحقق بواسطة آلات واقعية ، وليست حلولاً نظرية دقيقة يمكن تنفيذها in Rerum Natura . والعلم في نظر « ليونارد » ـ كما هو في نظر الكثير من معاصريه ـ لم يكن موجهاً نحو التأمل بل نحو العمل .

وخير مثل على هذا الموقف العملي التجريبي يبدو لنا من خلال دراسته حول البناء ـ بناء ضمن دائرة ـ لمتعددات الأضلاع المتظمة كما تربيع الدائرة . ان رسم المتعددات ذات 24, 8,6,3 ضلعاً امر سهل ، وقد حققه « ليونارد » مستعملاً فرجة ثابتة من البركار (البيكار) (واصبح البناء بواسطة بركار ذي فتحة ثابتة ـ وهو موجود عند بابوس Pappus بعد أن كان أبو الوفا Abū'l -Wafa قد اهتم به كثيراً ـ شغبياً في ايطاليا خلال القرن السادس عشر . وبناء المخمس والمثمن أصعب ، وقد اكتفى « ليونارد » ، هذه المرة بحلول تقريبية . اما تصحيح وتربيع الدائرة فيتم بتكريج دائرة او دولاب فوق خط مستقيم او فوق سطح . وهذا يدل ، بكل تأكيد ، على جهل تام بالمسألة النظرية ، ولكن من وجهة نظر المهندس له مبرره التام .

بدون شك ، يعود الفضل إلى لوقا باسيولي Luca Pacioli ، صاحب «الجامع» (سوما Summa) الذي استولى عليه « ليونارد » منذ صدوره ، حتى اصبح صديق لوقا Luca ، وعنه أخذ أفضل معارفه الرياضية ولكنه عرف أيضاً البير دي ساكس Albert de Saxe وجوردان غورواريوس Jordanus Nemorarius اللذين ذكرهما كثيراً ونقولا دي كوي Nicolas de Cues الذي كان له تأثير بالغ عليه واغلب الظن أنه لم يدرس ارخميدس Archiméde على الاطلاق . وبالمقابل لقد عرفه ، بشكل غير مباشر ، من خلال ايتوسيوس Eutocius وجورجيو فالا Giorgio Valla حين طبق مضمون كتابه : « De expetendis et fugiendis rebus ».

ومن الغريب ان لا يهتم « ليونارد » على الاطلاق بالجبر . ربما لأنه وجده صعباً جداً وتجريدياً جداً ، وبالمقابل انه مهندس بالولادة ، حتى ساعدته موهبته العجيبة في الرؤية في الفضاء ، على تلافي نقص معرفته النظرية . وافكاره حول المفاهيم الأساسية في الهندسة تبدو مهمة ، رغم أنها تعكس تأثير التراث الأرسطي ، وكذلك تأثير نقولا دي كوي Nicolas de cues المساعد .

= Mégare لم يصحح الا في نشرة كوماندينو Commandino (1572) .

ولا يتراجع « ليونارد » أمام استخدام التدقيقات المتناهية الصغر (الانتقال الى الحد الأقصى) . من ذلك انه ، لكي يحدد مركز الثقل في نصف الدائرة ، اقترح تقسيمها الى عدد من الاهرامات (المثلثات) الى درجة يُصبح معها تقعر قاعدتها تقريباً غيرمحسوس بحيث يبدوكخط مستقيم». وعلى كلٍ ان في هذا حالة استثنائية . وبشكل عام ، ان اساليب « ليونارد » ابسط ، واقوم وأكثر بدائيـة . وهو ، من غير شك ، توصل الى اجمل اكتشافاته العلمية ، اكتشاف مركز الثقل في الهرم ، بالحدس والالهام .

ويبدو أنه نقل الى الفضاء التحليل المتعلق بالسطح ، في ما خص مركز الثقل في المثلث ثم عبر الى المثلث القاعدة المنتظم ، فاستطاع تحديد مركز الثقل في هذا الهرم عند نقطة التقاء المحاور (axes) (وهي المستقيمات التي تجمع بين القمة ومركز الثقل في الوجه المقابل) ، وعلى مسافة الربع من القاعدة . ثم اكتشف ان المستقيمات التي تصل بين اواسط الأضلاع المتقابلة، في هرم مثلث القاعدة (تترايدر) تتقاطع ايضاً في مركز ثقله . واخيراً لقد عمم اكتشافه واكد ان مركز الثقل في أي هرم يقع على محوره ، في الربع منه ، انطلاقاً من القاعدة .

واستلهم « ليونارد » دراساته حول تحويل الأحجام من بعضها الى بعضها ، « بدون نقص ولا تزايد في المادة » من كتاب نقولا دي كوي Nicolas de Cues : « De transmutation geometricis ». (المكتوب حوالى سنة 1450) ولكنه استعمل - من اجل حل المسائل التي طرحها هذا الأخير (اجتماع عدة مكعبات في مكعب واحد ، وتحول مكعب الى منشور قائم وبالعكس) ، وهي مسائل تدور حول ادخال متوسطين نسبيين بين كميتين معينتين: أساليب تعلمها من فالا (Valla) . وعلى كلٍ ابتكر « ليونارد » تحويلات اصيلة ، كتحويل مكعب مثلاً الى هرم .

وقد أثارت هليلات ايبوقراط Hippocrate ، اهتمامه : وزيادة على الاشارات الكثيرة المدونة في « دفاتره » ، حاول سنة 1514 ، ان يؤلف بشأنها دراسة « De ludo geometricas » ظلت ، ككل اعماله ، غير مكتملة ، هذا الاهتمام ربما تفسره القيمة الجمالية لهذه الهليلات التي يمزجها ليونار Léonard وبشكل بل باشكال لا يتصورها الخيال ، مع قرنها بصور اخرى . في هذه الأثناء يكتشف بعض المقترحات الهندسية ، البسيطة بالتأكيد ، انما غير المعروفة حتى ذلك الحين ، على الأقل في الغرب . وبناء عليه قرر ان مجموع الهليلات المبنية على الأضلاع الثلاثة في مطلق مثلث مستقيم يُساوي مساحة المثلث المذكور .

ونشير أخيراً الى الحل المدهش الميكانيكي (بواسطة بركار خاص) لمسألة بصرية تسمى مسألة (ابن الهيثم Alhazen) (يراجع المجلد 1 ، القسم الثالث ، الفصل الثاني) التي حُلّت هندسياً بعد مئة وخمسين سنة من قبل هويجن (Huygens) . ويقتضي هذا الحل معرفة عميقة واستثنائية ، بالنسبة الى ذلك الزمن ، لخصائص المقاطع المخروطية (Coniques) .

II - القرن السادس عشر : من الجبر البياني إلى الجبر الموجز

تتحدر فائدة « جامع » (سوما Summa) لوكا باسيولي Luca Pacioli ، بصورة أساسية ،

من قيمته التمثيلية ، ومن دوره التاريخي . واذا كان المستوى النظري لهذا العمل غير مكتمل ، واذا كانت بعض اخطاء الحساب تشوهه ، فبالمقابل ، ان عبقرية مؤلفه الجبرية ملحوظة وبارزة فيه . فبالنسبة الى « باسيولي » ان كل مشكلة ـ مهما كانت معقدة ، اذا امكن ردها الى معادلة من الدرجة الثانية ، ذات جذور حقيقية وايجابية ، ـ هي مشكلة محلولة . من هنا بالذات يدل « باسيولي » على مهمة خلفائه : حل المعادلات ذات الدرجة العالية ، وهي مهمة يدل انجازها على ذروة وعلى نهاية الجبر « الموجز » ، كما مارسه هو بنفسه .

الواقع انه الى جانب هذه المسألة ، هناك مسألة أخرى طرحت نفسها على اهل الحساب وعلى علماء الجبر في القرن الخامس عشر : هي مسألة تبسيط وتوحيد القواعد العلميانية ، وكذلك وضع وايجاد تعابير متماسكة وترميز ملائم .

ونلاحظ بغرابة ، عند ملاحقة المهمتين ، نوعاً من « تقسيم العمل ». ففي حين كان يتم في المانيا وضع الترميز الجديد ، ظلت ايطاليا عموماً أمينة للتراث ولكنها حققت تقدماً حاسماً في علم الرياضيات .

الأنسنة وتعليم الرياضيات : رغم هذا لم يختلف الاتجاه العام في الفكر العلمي ، في النصف الأول ، عن الاتجاه السائد في القرن 15: استعادة العلم الوسيطي والكلاسيكي وانتشاره في طبقات أوسع من السكان . وعلى كل أن هذه الحركة ـ التي تجلت في طبع واعادة طبع مؤلفات الماضي[1] ثم في نشر الكتب باللاتينية وباللغات المحلية ـ تسارعت وتعاظمت ، لأن مكانة ودور الرياضيات في التعليم أخذا يتزايدان بدون توقف ، كما تعاظمت أهمّيتها في وجدان الانسان المثقف في ذلك الحين وفي وجدان المطبق الذي يتعلم الرياضيات ليستفيد منها مادياً .

واذا كان تعليم الرياضيات قسماً من البرامج في كلية الفنون في الجامعات الوسيطية ، فان مستواه قلّما كان مرتفعاً : من وجهة النظر الجامعية ، ان كبار الرياضيين من القرن الثالث عشر والرابع

(1) من ذلك ان اقليدس Euclide قد نشرت كتبه عدة مرات ، باللاتينية ، وسنداً لعدة تراجم ، في سنة 1533 ، باللغة الاغريقية مع تفسير بروكليس Proclus . وفي سنة 1543 و1575 بالايطالية . وفي سنة 1564 - 1565 (الكتب التسعة الأولى) بالفرنسية . وفي 1570 بالانكليزية . وطبعت له طبعة بالعربية سنة 1594 . كل هذا دون ذكر الطبعات الجزئية ، للكتب الستة الأولى. وظهر ابولونيوس Apollonius باللاتينية سنة 1537 بترجمة رديئة ، ولكن في سنة 1566 ظهرت طبعة كوماندينو Commandino . وقد نشر ارخميدس Archimede بصورة جزئية من قبل ل غوريكو L.Gaurico سنة 1503 ثم بشكل اكثر كمالاً من قبل تارتاغليا Tartaglia الذي نشر باسمه الترجمة القديمة التي وضعها ج. موربكي G. de Moerbeke سنة 1543 . وباللاتينية ترجمة يعقوب كريمونا Jacopo du Cremona بكاملها ، من قبل فيناتوريوس Venatorius سنة 1544 (مع الطبعة الاغريقية للمبادىء)، وفي ترجمة جديدة من قبل كوماندينو Commandino سنة 1558 . وأخيراً أكمل بابوس Pappus ، سنة 1588 سلسلة الأعمال الرياضية . أما المجسطي لبطليموس سنداً لطبعة 1515 (ترجمة جيرار دي كريمونا ، نقلاً عن العربية) ، فقد نشرت له ترجمة جورج تريبزوند Georges de Trébizonde (راجعها لوكا غوريكو نقلاً عن نص اغريقي (البندقية 1528) ، ثم الاغريقية « للمبادىء » التي أعدها سيمون غوينو (بال 1528) . وقد أعيد طبع ترجمات جيرار كريمونا وجورج تريبزوند عدة مرات بخلال القرن السادس عشر . هذا عدا عن تيودوز ومينيلاوس وايتوسيوس وهرون . الخ .

عشر كانوا قلة ، وفي القرن الرابع عشر والخامس عشر اقتصر تعليم العلوم الرياضية والفيزيائية على قليل من الحساب اللوغاريتمي وعلى قليل من الهندسة ومن علم الفلك، والقليل القليل حقاً .

وفي النصف الثاني من القرن الخامس عشر كانت بولونيا وكراكوفيا تقريباً الجامعتين الوحيدتين اللتين نظمتا تعليم الرياضيات ـ خدمة لعلم الفلك ولعلم التنجيم ـ ومنذ 1460 أصبح لكراكوفيا Cracovie كرسيان مختلفان مخصصان للعلوم الرياضية والفلكية (بما فيها علم التنجيم). وكان من أهم ممثلي الأعلام في مدرسة كراكوفيا البرت برودزو Albert de Brudzewo . احد اوائل معلمي كوبرنيك Copernic . فقرأ de Coelo لارسطو Aristote وسفيرا Saphara لساكروبوسكو Sacrobosco و Thes ricae novae planeta rum لبورباخ Peurbach . ولكنه علّم أيضاً الرياضيات الخالصة : الهندسة والجبر .

وحوالى أواخر القرن الخامس عشر وفي بداية القرن 16 تغير الوضع تماماً . وانشيء كرسي للرياضيات البحتة في بولونية سنة 1496 من اجل سيبيون دل فرو Scipione del Ferro . وفي سنة 1500 نجد فيها ايضاً كرسيين لعلم الفلك يحتلها سيبيون دي مونتو Scipione de Mantoue ودومينيكو ماريا دي نوفارا Domenica Maria da Novara. وكانت الرياضيات تعلم في توبنجن بعد 1494 . وفي سنة 1510 قام بتعليمها استاذ « عادي » وظهر « عالم فلكي » لا يعلم الا مادته ـ بما فيها علم التنجيم ـ سنة 1494 ، في جامعة انغولستاد . وفي سنة 1524 ، اصبح من يقوم بهذا التعليم بطرس ابيانوس Petrus Apianus «أستاذ عادي لتعليم الفلك». وكان لجامعة ويتنبرغ كرسي للرياضيات منذ تأسيسها سنة 1502 . ثم أصبح هناك كرسيان سنة 1532 . وفتح مركز آخر للرياضيات في فينا ، شهره تعليم بورباخ Peurbach فيه ورجيومونتانوس Regio Montanus : وفي سنة 1501 اسس الامبراطور مكسيميليان Maxemilien الأول فيها « كلية للشعر والرياضيات » ولكنها لم تدم طويلاً ، ومن المحتمل ، على كل حال ان تكون هذه المبادرة قد ساعدت على انشاء كرسيين للرياضيات وللفلك في جامعة فينا . وتبعت الجامعات القديمة ـ هيدلبرغ وارفورت وليبزيغ ـ الحركة ، وإنْ متأخرة وفتحت منابر للرياضيات سنة 1532 في الكلية الملكية في باريس ، وفي سنة 1544 في جامعة كويمبر .

واستمرت الحركة حتى في مجال التعليم الثانوي : وبتأثير مزدوج من الأنسنة ومن الريفورم«الاصلاح الديني »، وبحضور فيليب ميلانكتون Philipp Melanchthon ، وويليبالد بيرك هايمر Willibald Pirck Heimer، فتح منبر للرياضيات في كلية نورمبرغ سنة 1562 . وكان صاحبه الأول جوان شونر Johann Schöner. الذي نشر سنة 1533 : « De Triangulis Omnimodis » لرجيومونتانوس Regiomontanus . وتحلق في دائرة بيركهيمر ومكتبته ـ أحد أهم مراكز الأنسنة الألمانية ـ فكران من الأفكار الأصيلة في ذلك الزمن : جوهان ورنر Johann Werner والبرخت دورر Albre cht Dürer.

1 ـ المدرسة الألمانية واصلاح الترقيمات

العمل الهندسي وعلم المثلثات عند جون ورنر Johann Werner : كان جون ورنر Johann Werner (1468 - 1528) كاهناً من نورمبرغ، بدأ حياته العلمية كجغرافي ورسام خارطات . ومن هنا اضطر الى الاهتمام بالرياضيات وبعلم المثلثات . في سنة 1522 نشر في نورمبرغ مجموعة من الأعمال الرياضية وفيها « تأويل . . حول المسائل المتعلقة بتضعيف المكعب » ، ومعه « ليبلوس » Libellus . في هذا الليبلوس ـ وهي أول دراسة اصيلة عن المخروطات في الغرب ـ لم يعالج « ورنر » الا « البارابول والايبربول »[1] ولم يذكر كلمة عن القطع الأهليلجي «إلليبس» ، ربما بسبب أن دراسته للمخروطات استخدمت كمدخل لدراسة تضعيف المكعب. وقد عرَّف المخروط ، على طريقة ابولونيوس Apollonius ، وكأنه المساحة المولدة بمستقيم يرتكز على محيط الدائرة ، ويمر بنقطة ثابتة واقعة خارج سطح هذه النقطة؛ وبالمقابل ان القطوعات المخروطية لا تعامل كرسوم مسطحة ، بل كرسوم مرسومة على المخروط ومنقولة إلى هذه المساحة . « والتأويل . . حول تضعيف المكعب » هو ترجمة حرة ، ومزادة . بملاحظات اصيلة من « تأويل » ايتوسيوس Eutocius ثم أن « ورنر » ألف كتاباً في علم المثلثات الكروية « المثلثات الكروية » مستعيناً بأعمال ريجيو مونتانوس Regiomontanus . وتضمن هذا الكتاب عرضاً لاكتشافه الكبير : اكتشاف البروستافيرسيس Prostapheresis ولطريقةٍ في الحساب اسمها « بروستافيريتيك » وترتكز على المعادلات التالية بالترميز العصري :

$$\sin \alpha . \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)]$$
$$\cos \alpha . \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) + \cos (\alpha + \beta)]$$

وهذا الأسلوب يتيح استبدال الضرب بالجمع والطرح وقد وسعه ريتيكوس Rheticus ، وتيكو براهي Tycho Brahé ومعاونوه . وقد أدى للحسابيين في القرن السادس عشر خدمات كالتي تؤديها جداول اللوغاريتم .

وبقي كتاب ورنر Werner غير مطبوع وانتقل الى جوورج هارتمن Georg Hartmann سنة 1542 والى ريتيكوس Rheticus الذي استفاد فيه في اعماله واعد طبعة جزئية له اسماها « المثلث الكروي كراكوفيا 1557 ». ووجد مخطوط « ورنر» في مكتبة الفاتيكان سنة 1901 فطبعه بجورنبو. A A. Björnbo طبعة منتقدة .

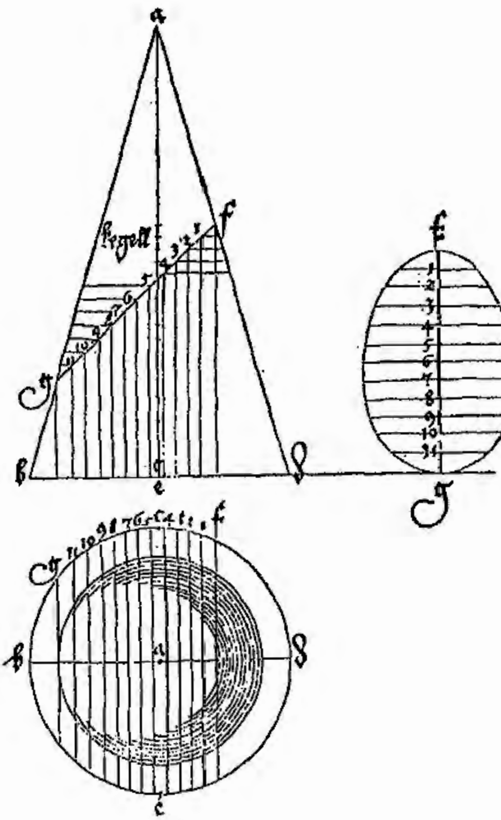
دورر Dürer والرياضيات : لم يكن البرخت دورر Albrecht Dürer عبقرية فذة من مستوى «ليونارد دافنشي». ولكنه كرياضي مساو له . وكتابة « تعليمات كيف نقيس بالبركار والمسطرة » (نورمبورغ 1525) . يحتل مركزاً محترماً في الأدب الهندسي في القرن السادس عشر .

وهذا الكتاب ليس كتاباً نظرياً . بل هو موجه للتقنيين والرسامين والمهندسين المعماريين والى المحترفين ليعلمهم فن خط الرسم الهندسي . ولكنه ليس مجموعة بسيطة من القواعد والمبادىء . انه

(1) البارابول هو القطع المكافىء والإيبربول القطع الزائد .

يطمح إلى ان يكون علمياً فيؤسس الفن ـ أو التطبيق ـ على العلم ولهذا لا يورد المبادىء والقواعد بدون التبيان والشرح . انه اول كتاب علمي تطبيقي وضع بين يدي التقنيين وبسبب قيمته الفكرية العالية احتل هذا الكتاب مكانته ، رغم انه مكتوب باللغة العامية وترجم الى اللاتينية بسرعة .

خصص الكتاب الأول من مؤلف « دورر » « تعليمات حول كيفية استعمال البركار . . » للمنحنيات فقط . فقد كان « دورر » يهتم كثيراً بالحلزونيات ، ربما لأسباب جمالية ، وعلم كيفية رسم الخطوط الحلزونية بواسطة البركار . ودرس أيضاً خطوطاً أكثر تعقيداً مثل ابيسكلوييد والكونكوييد وسماها الصدفة . وهي تتكون بانزلاق مستقيم معين فوق زاوية قائمة بحيث يقطعه أحد اضلاع الزاوية في نقطة معينة . وترسم المخروطات بواسطة النقط ، ولهذا وكذلك لرسم المراوح Hélices



صورة 1 : مصور لقطع اهليلجي لمخروط دائري امن وضع دورر .

استعمل « دورر » أسلوب الاسقاط المزدوج العامودي . . وبدا هكذا وكأنه سلف مونج Monge في الهندسة الوصفية .

أما كتابه الثاني في مؤلفه المذكور فيعلم بناء المتعددة الأضلاع المنتظمة ومنها المسبعات والتُسيعية الأضلاع . . وفي الكتاب الرابع في نفس المؤلف يدرس « دورر » الأجسام المنتظمة ونصف المنتظمة باسلوب ذكي جداً باعتبارها سطوحاً ينشرها فوق مسطح . وينتهي كتاب « التعلميات » بعرض اختراعين تقنيين لتحسين اساليب الأبعاد عند ألبرتي ونذكر ان « دورر » نشر كتابين آخرين بخصوص أساليب التحصين ، ولدراسة ابعاد الجسم البشري .

لا مرغريتا فيلوسوفيكا **La Margarita philosophica** : ندرس الآن الكتب المخصصة « الرجل الشريف » في القرن السادس عشر، هذا الانسان الراضي بالقليل يومئذٍ . لا شك أن جورج فالا Giorgio Valla ، الذي ترجم الى اللاتينية سلسلة من الكتب العلمية اليونانية ، خصص ثلاثة كتب من مؤلفه المسمى « اكسبيدنتيس Des expédentis » (طبع بعد موته في البندقية سنة 1501) للحساب مستنداً على حساب مكسيم بلانود Maxime Planude) كما خصص ستة اقسام من كتابه للهندسة وسار بها ـ لأول مرة في الغرب ـ حتى المقاطع المخروطية . كما قدم أيضاً ترجمة لتفسير ايتوسيوس Eutocius عن أرخميدس Archimède، وعن تفسير سمبليسيوس Simplicius عن الهليليات عند ابوقراط ولكن كتابه بقي استثنائياً ولم ينجح ابداً. ولكن كتاب « مارغريتا فيلوزوفيكا » لمؤلفه الكاهن غريغوار رَيْش Chartreux Gregorius Reisch بدا في ذلك الزمان أكثر تميزاً (طبع هذا الكتاب سنة 1503 في فريبورغ واعيد طبعه كثيراً خلال القرن السادس عشر مع ملاحق واستدراكات من بعض الناشرين). وفي الصفحات المخصصة للحساب النظري والعملي (وقد خصص حوالي ثلاثين صفحة لكل موضوع) وللهندسة النظرية والعملية ايضاً، لا يقدم لنا رَيْش Reisch (على الأقل بالنسبة الى الأقسام النظرية) الا خلاصات جيدة مأخوذة من كتب كلاسكية كتبها بويس Boèce . ورغم أن «رَيْش» يكتب باللاتينية وليس باللغة العامية ويتوجه الى المثقفين ، رغم ذلك فهو يهتم لا بالنواحي النظرية من هذه العلوم بل بالناحية العملية التطبيقية . والحساب ـ وقد سار فيه حتى القاعدة الثلاثية هو قبل كل شيء العلم او الفن الحسابي : حساب بواسطة الفيشة أو حساب بالقلم . ويعلم «ريش» الأسلوبين. فيعلم الأسلوب الثاني بشكله العادي وبشكله الستيني (وهذا الحساب ضروري للحسابات الكهنوتية ولعلم الفلك ولهذا علم طيلة القرن السادس عشر) . وكذلك الهندسة : انها قبل كل شيء فن القياس الذي يستطيع ، في تطبيقاته العملية ، الاستغناء عن الدقة النظرية المستحيلة وهذا المفهوم العملي يبدو من خلال الجداول الرمزية التي تزين الصفحات الفاصلة بين الكتب او الأقسام المخصصة لمختلف فروع الرياضيات . وهكذا من بين الأشياء التي تحيط بكتاب « الهندسة » يوجد برميل وفوقه مقياس للسعة تبياناً لاهميتها ، ذلك أن فن قياس سعة البراميل يحتل في المانيا ، من بين التطبيقات الهندسية، مكانة مختارة شبيهة بمكانة الحساب التعدادي بالفيشة في مجال الحساب العملي .

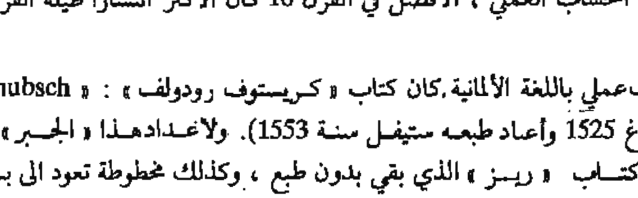
كتب الحساب وتطور الرموز الترقيمية ـ كريستوف رودولف Christoph Rudolff : ان الانتاج الرياضي في القرن السادس عشر ، الغزير (بعض مئات الكتب) يتألف في معظمه من كتب موجزة، لا تقدم اكتشافات مهمة ، ولكنها لعبت دوراً من الدرجة الأولى في تنظيم المعرفة المكتسبة من حيث عرضها وتنظيمها ، وخاصة في المانيا ، في وضع الترميز الجبري .

من بين أوائل الكتب المتداولة في الرياضيات باللغة الألمانية ، خلال القرن 16 تجب الاشارة الى كتب آدم ريز Adam Riese ، معلم مكلف بتعليم الحساب في أورفورت وآنابرغ (1525) . وقد عرف شعبية كبيرة حتى ان اسمه اصبح مرادفاً للحاسب . وهو كان واعياً للصعوبات التي يقترن بها تعلم فن العد بالفيشة المعقد والدقيق ، وكذلك العد بالأرقام ، ولهذا اعد كتباً واضحة جداً . وأولها كتاب حساب على أساس الفيشة (1518) ادخله في كتابه الكبير (Rechnung) (أورفورت 1522) .

وفي سنة 1550 نشر « ريز » كتابا كاملاً بالحساب « Rechnung » وفيه ينحاز تماماً للحساب بالقلم . هذا الحساب العملي ، الأفضل في القرن 16 كان الأكثر انتشاراً طيلة القرن (38 طبعة طيلة القرن) .

أول كتاب عملي باللغة الألمانية كان كتاب « كريستوف رودولف » : « Behend and hubsch» (ستراسبورغ 1525 وأعاد طبعه ستيفل سنة 1553). ولاعداد هذا « الجبر » (coss) استعمل « رودولف » كتاب « ريز » الذي بقي بدون طبع ، وكذلك مخطوطة تعود الى بداية القرن 16 ، تبين كيفية استعمال العلامات + و− من قبل الجبريين . وثار « رودولف » ضد التعقيدات والتكثير من القواعد غير المفيدة . . وكان واعياً جداً لقيمة ولاهمية التدليل ، في الجبر ، بواسطة العلاقات الخاصة بالمقادير وبالعمليات . إلا ان « رودولف » في ترميزه لا يجدد إلا جزئياً . فهو يستعمل عبارات و « اشارات جبرية (cossiques) سبق استعمالها ، مع بعض التغيير ، في عدة مخطوطات المانية من القرن 15 بحروف ورموز مؤلفة من الأحرف الأولى (الأحرف الغوطية) من اسماء المثقلات (راجع الصورة 2) :

الصورة 2 ـ إشارات الجبر الكوسي سنداً « لجبر » رودولف (1525) : ثابتة ثم المثقلات التسعة الأولى للمجهول .



لقد تخلى « رودولف » عن الحرف /R وتبنى اشارات خاصة منها استنتج ترميزنا ، وبهذا بدا اكثر ثورية :

جذر رباعي √ جذر تكعيبي √√√ جذر تربيعي √√ .

إنّـه ترميز ناقص ولا شك وقد حاول ستيفل Stifel أن يحسنه .

وقد تميز كتاب بتروس ابيـانوس Petrus Apianus (= بينيفـتز،أو بينيوتيـز Bienevitz ou Benewitz) (Eyn Newe und Wolge gründte) (انغولستاد، 1527) ، من جهة لأنه مثل شوكيه Chuquet وربما بتأثير منه حدد عند الصفر أول حد من حدود التصاعدية الحسابية التي وضعها متطابقة مع عدة تصاعديات هندسية . وقد ركز على أمر هو من أجل ضرب اعداد هذه السلسلة فيما بينها يكفي جمع مثقلاتها « Exposants » (الحـدود المقابلة في السلسلة الحسابية) وقـد سمـاهـا « التواقيع أو المؤشـرات » . ومن جهة اخرى، وهذا ما اعطى لكتابه أهمية اكيدة في تاريخ الرياضيات الأوروبية، عـرض ابيـانــوس Apianus في كتـابـه المثلث الحسـابي المسمى مثلث بـاسكـال (Pascal) . والـذي عـرفهـا العـرب والصينيـون منـذ زمن بعيـد (راجـع مجـلد واحـد القسم الثالث ، الفصلان 2 و4) والذي جهله الغرب حتى ذلك الحين . والاهتمام المبذول بارز بفعل أنه أعاد ابـرازه أي المثلث الحسابي عـلى الصفحة الخـارجية من كتـابه . وقبـل أن يدرس بشكـل منهجي من قبل « باسكال » (1654) أعاد كثيرون رسم هذا المثلث الحسابي خلال القرن السادس عشر والسابع عشر ، ومنهم ستيفل Stifel ، وشيبول Scheubel في المانيا ، وبيلتيه Peletier في فرنسا وتارتغليا Tartaglia وبومبلي في إيطاليا واوترد Oughtred في انجلترا .

والعمل العلمي عند ابيانوس Apianus متنوع جداً ، فقد اعاد نشر « Ponderibus » لمؤلفه جوردان غوراريوس Jordanus Nemorarius (1533) كما أعاد طبع التيوريكاالبورباخ Peurbach (1534) والأوبتيكالويتلو Witelo (1535).أما كتابه كوسموغرافيا Cosmographia (لاندشوث 1524) المعاد طبعه من قبل جمّا فريزيوس Gemma Frisius سنة 1533 فقد أعيد طبعه كثيراً وترجم خـلال القرن السـادس عشر . وأما كتابـه حول الفلك التنجيمي (انغولستـاد 1540) فهـو مخطوط مدهش تبدو فيه عملية تحركات الكواكب من خلال رسوم متحركة رائعة . ونشر ابيانوس Apianus سنـة 1533 أول جـدول للجيـوب Sinusالمطبــوع (الـزاويــة من صفـر إلى تسعــين متغيرة من دقيقــة إلى أخـرى بـاعتبـار الشعـاع Sinus totus يعادل 10^5) مستعمـلا مخـطوطـات رجيـومـونتـانـوس Regiomantanus الـذي نشـر شـونـر Schöner جـداولـه سنـة 1541. وتضمن كتـابـه المسمى انستروماننت بوش Instrument Busch (انغولستـاد 1533 ، ترجمة لاتينية 1534) وصفاً لآلة تحدد تلقائياً الجيوب والجيوب المقلوبة في زوايا الربع الأول من أصل أرباع الدائرة .

كان جما فريزيوس Gemma Frisius (1508 - 1555) استاذاً في لـوفان ـ واشتهـر بأنـه أحد الأوائل الذين اقترحوا تحديد خطوط الطول بواسطة الفرق بين الأزمنة المحلية ، وبـأنه كـان الأول في اقتراح تحديد المسافات بين نقطتين بواسطة تثليث حتى (1533 . ولكنه في زمنه اشتهر قبل كـل شيء بكتابه ارتميتيكا أو الحساب الميسر باساليب سهلة(انفـرس 1540) . وهـذا الكتاب هـو أكثر الكتب الجامعية شعبية في القرن السادس عشر (60 طبعة قبل 1600 وطبعات كثيرة في القرن السابع عشر) . وقد مدحه معاصروه لوضوحه وبساطته خاصة فيما يتعلق بعملية استخراج الجذور الصعبة .

مؤلفات ستيفل Stifel : أنّ ميشيل ستيفل Michael Stifel (1487 - 1567) الذي وضع ارثميتيكا انتجرا Arithmetica integra (نورامبورغ 1544) والـذي كتب لـه ميلانكثون Melanchthon مقدمته، دوتش ارثميتيكا Deutsche arithmetica (1545)؛ ثم طبعه طبعةً ثانيةً وزاد عليه من كوس رودولف Coss Rudolff (1553-1554)، يعتبر مع جون ورنر Johann werner واحداً من الرياضيين الألمان الأكثر نبوغاً في عصره . وهو يجد الميل الى التبسيط والى المنهجة في النظرية وفي الترميز ، خاصية في الرياضيين الألمان يومئذٍ . وبرزت هذه الخاصية فيه بشكلٍ حاسم واضح، وستيفل Stifel لم يكن محاسباً محترفاً ولا جامعياً ، بل كان متعصباً للوثر Luther، وظل لسنوات طويلة واعظاً متجولاً باسم الإصلاح الديني ، وقد جذبته في بادىء الأمر صوفية الأعداد . وكان كتابه الأول (1532) يتضمن تنبؤاً مبنياً على تفسير نبوءات دانيال Daniel تفسيراً عددياً، بالتاريخ وحتى بالساعة التي ينتهي فيها العالم (في سنة 1532) ولكن فشل هذه النبوءة وتوبيخ لوثر Luther له حمله ـ لفترة قصيرة ـ على دراسة الرياضيات البحتة ، وبصورة خاصة دراسة كوس لرودولف Rudolff ، ثم أعمال نقولا دي كوي Nicolas de Cues ، وريز Riese ، وذورر Dürer ، وكاردان Cardan . فضلاً عن ذلك وصلت إليه بعض تصورات شوكيه Chuquet .

والشيء الملفت في كتابه ارثمتيكا Arithmetica integra لسنة 1544 ، هو الأهمية التي يعلقها « ستيفل » على دراسة التصاعديات (الحساب والهندسة). فهو لم يكتف بتخصيص فصل من كتابه لهذه التصاعديات بل فسرها مرتين بان الرابط بين هاتين التصاعديتين يتضمن مفتاح كل الحساب وكل الجبر . وكانت اصداء هذا التصور المأخوذ عن شوكيه Chuquet موجودة هنا وهناك في كتب الجبر ولكن أياً منها لم تكن عنده الشجاعة لاتباعها حتى النهاية ، وبالتالي تطويل السلسلة الحسابية في مجال الأعداد السلبية . ولكن « ستيفل » قام بالأمر بدون تردد . واعتبر الأسس السلبية ـ والى « ستيفل » يعود الفضل في تسمية كلمة Exposant ـ تتطابق تماماً مع الأسس الايجابية . وارتدت السلسلتان عنده الشكل التالي:

.....	—3	—2	—1	0	1	2	3	4	5	.....
.....	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	4	8	16	32	.....

ويوضح « ستيفل » ان السلسلتين يمكن أن تمددا الى اللانهاية .

ويعالج كتاب الأرثميتيكا الأعداد الصحيحة (ذات الجذر الصحيح) والأعداد غير الجذرية كما يعالج الجبر . ولاستخراج الجذور يستعمل « ستيفل » بصورة منهجية « المثلث الحسابي »، ويحسبه حتى السطر السابع عشر ، ويضيف أن قاعدة التكوين تسمح بمد الجدول حتى اللانهاية . واستند الى اقليدس Euclide فقال بأن الأعداد غير الجذرية ليست اعداداً بحق . لا شك أن لها شيء من الواقع إلاّ انها ترتدي نوعاً من اللاتناهي وبالتالي من اللامحدودية ، وهي مثل التمدد اللامتناهي ليست

اعداداً حقة . وقد نقل « ستيفل Stifel » هذا التصور الى الهندسة مقتفياً اثر نقولا دي كوي Nicolas de Cues، فميز بين الدائرة الرياضية والدائرة الفيزيائية لاختلاف الخصائص بينهما .

وفي الكتاب 3 حاول « ستيفل » متمشياً مع الاتجاه الـذي طرحـه رودولف Rudolff ، وربما متأثراً بمنحـى كاردان Cardan ان يقلص تعدد القواعد الكوسية وان يستبدلها بقاعدة واحدة يمكن ان تلخص كما يلي: من اجل حل مسألة معينة يجب وضع معادلة بابسط حالتها (أي الحالة التي يكون فيها الجد ذو الدرجة العليا من المجهول في جهة ، وكل البـاقي في جهـة اخرى) ثم قسمـة المعادلـة على معامل (Coefficient) هو المعامل ذو الحد الأعـلى،ثم استخراج الجذر التربيعي من التعبـير المعادل للمجهول .

وبساطة هذه القاعدة ظاهرية اكثر مما هي فعلية وبعـدها تظهر الاشكال التقليدية في الأمثلة . وبهذا الشأن لا يقبل « ستيفل » معادلات تكون فيهـا الحدود الايجـابية مسـاوية لحـدود مزودة بـاشارة سلبية ، كمـا انه يرفض الجذور السلبية في المعادلة . وهذا الرفض يبدو غريباً لأن « ستيفل » في امكنة أخرى لا يرفض الأعداد السلبية .ولكن هذه في نظره ليست اعداداً حقة بل اعداداً مستحيلة مـا دمنا نفترضها أقل من الصفر .

وينتهي كتابه بسلسلة من المسائل الصعبة مأخوذة غـالباً عن بـراكتيكا ارتميتيكـا (1539) الذي وضعـه كاردان Cardan وهي تؤدي احيـاناً الى معـادلات من الدرجـة الثالثـة أو الرابعـة . ويجاري «ستيفل » وهو يستعمل الاشارتين + و ـ ، «رودولف» في ترميـز الدالـة الأسية (Puissances) . ويعتمد الاشارة √ وكأنها المعادل لـ ℞ وتعني جـذر ولكنه يضيف اليهـا اشارة كـوسية لكي يـدل على مرتبتها وهكذا يعتمد : √̇ و √̇ و √‾ للدلالـة على √ℨ، و √ℭ، و √ℨℨ . ويبـدو أن « ستيفل » أراد أن يبرز التطابق بين القوة والجذر .

وفي الدوتش ارتمتيكا يعتمد « ستيفل » ترميزاً قـريباً من تـرميز « رودولف » ولكنـه في الطبعـة المعـادة، لكتاب كوس COSS لـ « رودولف » عاد الى ترميزه الخـاص، الذي بسّطه في حالـة الجذر التربيعي ، فكتب √ بدون اشارة فوقها . وهذا الاستعمال شاع بعـده . وانتشر تـرميز « ستيفـل » بسرعة ، في المانيا كما في فرنسا وفي انكلترا وحتى في ايطاليا .

وفي المسائل التي تـبدو فيها عدة مجهولات ، يسمى « ستيفل » هذه المجهـولات :جذراً ثانياً ، ثالثاً، الخ ويشير اليها بالأحرف ,A,B,C مكررة عدداً من المرات يعادل الدرجة التي تعطي رقماً يوضع فوق مجموع الحروف .

وهكذا نكون على عتبة الترميز العصري ، ويمكن التعجب من عدم تخطي « ستيفل » لها ـ خاصة ان فكـرنا بـالتطابق الـذي يجريـه بين الأعـداد والأشـيات أو القـوى Puissances ، وبالـدلالـة عـلى المجهولات بالحروف ، ويدلنا عجزه عن القيام بالخطوة الحاسمة ، إلى أنه كي ينتقل من الترميز المجتزأ «Syncopée» الى الترميز الرمزي ، كان عليه أن يتخطى صعوبة أساسية : النجـاح في تجريـا

العمليات من الأشياء التي تطبق عليها ، أو تتناولها ، وجعلها مواضيع خاصة فكرية خالصة .ولن نعجب إذن من ضرورة وجود شخص مثل فيات (Viète) أو حتى مثل ديكارت Descartes ،ليقوم بهذا العمل الواعي .

2 ـ المدرسة الايطالية وتجديد الجبر

الكتب : في هذا القسم الأول من القرن السادس عشر ، وفيه حاول الرياضيون الألمان ان يبسطوا القواعد الجبرية ، ووضع نظام ترميزي اكثر تماسكاً واكثر منهجية ، كان الأنتاج الرياضي الايطالي فقيراً نسبياً . فأعيد طبع كتاب بيترو برجي Pietro Borghi (ثلاث طبعات في القرن 15 و12 في القرن 16) وكتاب « سومّا Summa » لباسيولي Pacioli . ومن بين الكتب الجديدة يشار الى كتب جيرولامو Girolamo وجيان انطونيو تاغليانتي Gian Antonio Tagliente (أوبرا شي. . . Opera Che) البندقية 1515، فضلاً عن 30 طبعة في القرن 16) لكتاب فرانسيسكوفليسيانو دا لزيزو Francesco Feliciano da Lazesio (ليبرو دي اباكو ، Libro de Abaco البندقية 1517) ، وفرانسيسكو غاليغي Francesco Ghaligai (فلورنسا 1521) .

ان اياً من هذه الكتب لا يأتي بشيء جديد ، ويحاول كتاب غاليغي Ghaligai أن يدخل ترميزاً جبرياً بواسطة الرسوم الهندسية ، الصعبة الاستعمال ، ولكن هذا الترميز لم ينجح . وظلّ الرياضيون الايطاليون امناء كلياً لنظام باسيولي Pacioli ، ولم يتقدموا خطوة الى الامام الا مع بومبلي Bombelli.

الانتاج الجبري في المدرسة الايطالية : وكما سبق القول ، ظهرت في ايطاليا ، تباعاً ، سلسلة من الرياضيين المرموقين : Scpione del Ferro, Tartaglia, Cardan, Ferrari, Bombelli الذين لم يستطع جماعة ما وراء الألب ، حتى ستيفن Stevin وفيات Viète ، مباراتهم ولا مجاراتهم ، وبواسطة هؤلاء حصل الاختراق الذي حمل العلم الغربي الى افاق لم يصلها لا الأقدمون ولا العرب والذي حوَّل الجبر من « مجتزأ » الى جبر رمزي . هذا التقدم الحاسم هو حل المعادلات من الدرجة الثالثة والرابعة من قبل فرو Ferro وتارتغليا Tartaglia وكاردان Cardan وفراري Ferrari . ويبدو لنا أنه من الطبيعي ، بعد الحصول على حل للمعادلة من الدرجة الثانية ، انتقل الفكر الرياضي للبحث عن حلول للمعادلات من درجات اعلى، ويلزم لذلك الكثير من العبقرية ومن الشجاعة ، لرياضي في مطلع القرن 16 لكي يسير في طريق لم يسلكه فيها أحد، بحيث يكون . محقاً ان يعتقد انها غير سالكة .

الصراع حول المعادلة من الدرجة الثالثة ومحركوها الأوائل : يعتبر تاريخ اكتشاف حل المعادلة من الدرجة الثالثة مشهوراً من بين الجميع . انه تاريخ أول معركة علمية كبيرة ، معركة متعبة وعقيمة تشبه الخصومات التي كانت تدور حول الأفضلية والتي كانت تسمم جو«جمهورية الآداب » في القرن السابع عشر والقرن الثامن عشر . وهذا التاريخ بقي رغم الدراسات العديدة التي خصصت له ، غامضاً نوعاً ما : فالمستندات الأساسية تنقصنا ، اما الشهود على القضية وهم شهود لصالح انفسهم ، مثل

« تارتغليا » و« كاردان » و« فيراري » ، قلما يوحون بالثقة المطلقة . والمحرك الأول لهذه المأساة : سيبيون دلفيرو Scipione del Ferro (1465-1526)غير معروف لدينا إلا أنه كان استاذاً في جامعة بولونيا من سنة1496 الى 1526 . امانيكول تارتغليا Niccolo Tartaglia فكان رجلاً صعلوكاً. ولد في برسيا حوالي 1500 . وفي 1512 جرح في وجهه اثناء نهب مدينته من قبل جيش غاستون دي فوا Gaston de Foix . وظل لمدة طويلة يمنعه الجرح وتفاعلاته من حسن لفظ الكلام . ومن هنا لقبه تارتغليا العيّ (Tartaglia (le bègue . وهذا اللقب لازمه طول حياته. لم ينتسب الى أية جامعة ولكنه أعطى دروساً عامة وخاصة في فيرونا ومانتو والبندقية حيث استقر سنة 1534 . ومات سنه 1557 .

أما جيروم كاردان (Jérôme Cardan (Gerolamo Cardano فشيء آخر . لقد كان شخصية بارزة . وابناً بحق لعصر النهضة الايطالي حيث كان طبيباً وفيلسوفاً ومنجماً ورياضياً وربما ساحراً ، وكاتباً غزيراً ، ولا أحد مثله يمثل عبارة سيناك الشهيرة nullum unquam magnum ingenium sine mixtura dementiae كما يقول جينولوريا Ginoloria . ولد كاردان في بافي سنة 1501 . ودرس فيها وفي بادو حيث تخرج طبيباً . وقد ذاع صيته في أوروبا كطبيب . وعلم على التوالي في ميلان وبافي وبولونيا ، ولم يترك امكنته هذه الا بعد حوادث مأسوية نوعاً ما . وفي سنة 1571 لجأ الى روما حيث حصل على معاش تقاعدي من البابا ومات فيها سنة 1576 .

أما ليدوفيكو فراري Ludovico Ferrari فهو التلميذ الذي يليق بكاردان Cardan ، فقد كان مُقامراً ملحداً متحللاً . رافق « كاردان » ثم أصبح تلميذه . ولد هذا العبقري في الرياضيات سنة 1522 . وفي سِنّ الـ 23 وجد حلاً للمعادلة من الدرجة الرابعة ، وكان سنه 21 سنة حين حصل على منبر في ميلان ،ثم كلف بضبط المساحة في دوقية ميلان . وترك هذا المركز وذهب الى بولونيا حيث نال سنة 1565 لقب دكتور .وحصل على منبر فيها حيث مات في نفس السنة بعد أن سمّمت له أخته على ما يبدو .

الاكتشافات الأولى - في بداية القرن 16 عثر سيبيون فرو Scipione del Ferro على حل لشكل من اشكال المعادلة من الدرجة الرابعة وهي $x^3 + ax = b$. ولم ينشر هذا الحل ولم يعممه الا لبعض خاصته شرط كتمانه وكان منهم أشهر تلاميذه المعروفين انطون ماريا فيور Anton Maria Fior . وتحدى « فيور » «تارتغليا» لمبارزة في الرياضيات طرح عليه فيها سلسلة من المسائل تعود الى معادلة « فرو » وكان «تارتغليا» قد عرضت عليه منذ عدة سنوات مسائل مشابهة من قبل شخص اسمه زيان دي كوا Zuanne da Coi ، وفهم عندئذ ان هناك حلاً للمسألة. وبجهد خارق استطاع ان يعثر على حل قبل أيام من نهاية المسابقة ، كما اكتشف حلاً للمعادلة : $x^3 + a x^2 = b$. وهذا ما مكنه في النهاية من حل 30 مسألة مطروحة وبسهولة خالصة . اما المسائل التي طرحها «تارتغليا» على « فيور » فيقول « ترتغليا » ان هذا الأخير عجز عن حلها . والأمر الغريب ان «تارتغليا» بدوره كتم

السر ولم ينشر اكتشافه العظيم . وكتابه نوفا سيتنا La Nova scientia الذي نشره سنة 1537 عالج مسألة القاذفات ولم يبحث في الجبر.

تدخّل كاردان : عندها دخل كاردان Cardan في اللعبة . وفي سنة 1538 أعلم «تارتغليا» أنه يعد كتاباً عن الجبر وطلب منه ان يعطيه « القاعدة ». ووعده ان لا ينشرها الا باسم مبتكرها . ولكن «تارتغليا» رفض .

وكان كتاب كاردان Cardan بركتيكا ارتمتيكا Practica Arithmeticae (ميلانو 1539) كتاباً من الدرجة الثانية ، ولكن « كاردان » بدا فيه جبرياً ذكياً لا يبارى . ونشير الى معالجته الكاملة للتصاعدية الحسابية والهندسية والى سلاسل الأسيات Puissances . وفيه قبل بالأرقام وبالجذور السلبية ، لأول مرة بعد «شوكيه»، حيث اعتبرها شرعية ، أما الحالة الخيالية فقد أعلن انها مستحيلة فقط . وخصص فصلاً لمسألة الأقسام Les partis . ويقدم لها «كاردان » حلاً يختلف عن حل « باسيولي » ولكن اكثر تعقيداً وخطأ ايضاً . اما ترميزاته المأخوذة من « باسيولي » فأكثر تعقيداً ، ولكنه عالجها بمهارة ملحوظة . ولكن الشيء الذي يثير الاعجاب ، هو مهارته في معالجة المسائل الخاصة المعينة مثل اختيار المجهول ، والتحويل الى معادلة ، ثم استخدام المقادير الإضافية . فضلاً عن ذلك درس عدداً من المعادلات من الدرجة الثالثة حولها الىمعادلات تربيعية باكمالها أو بتفكيكها الى عناصر أو عوامل .

واهتمامه بهذه المعادلات يفسر مسعاه العقيم لدى «تارتغليا»، الا أن «كاردان» لم ييأس وكرر محاولاته حتى استجاب له «تارتغليا» واعطاه الحل انما بشكل شعر منظوم . وعرف هذا الحل باسم «صيغة كاردان » . ويقوم ، (من اجل حل المعادلة $x^3 + px = q$) على ادخال مجهولين اضافيين v وu بحيث أن uv يساوي $(p/3)^3$ و $u - v = q$، وينتج عن ذلك أن :

$$x = \sqrt[3]{u} - \sqrt[3]{v} = \sqrt[3]{\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}} - \sqrt[3]{\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}}.$$

ويطبق تغيير أو تبديل في المتغيرات مماثل ، على المعادلة $x^3 = px + q$

وفي سنة 1539 رفض «تارتغليا» الاجابة على أسئلة تتعلق بالحالة المسماة « مستعصية » والتي عنوانها اللا معادلة التالية $\left(\frac{q}{2}\right)^2 < \left(\frac{p}{3}\right)^3$ التي تجعل التعبير :

$\sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 - \left(\frac{p}{3}\right)^3}$ مستحيلاً (خيالياً) .

وقد لاحظ « كاردان » عندئذ أن المعادلة تقبل في هذه الحالة حلاً بل وثلاثة حلول صحيحة .

الفن الأسمى «آر ماغنا» : اصدر « كاردان » كتابه آر مغنا بعد أن اعتقد أنه تجاوز في نظريته « تارتغليا » (نورنبورغ 1545) دون ان يخبر « تارتغليا » بالأمر . وفي هذا الكتاب عرض « كاردان »، في ما عرض ، الحلول للمعادلات من الدرجة الثالثة . وعزا ابتكارها الى سيبيون Scipione del Fer-

ro وإلى «تارتغليا». وفيه يذكر كل الأشكال الممكنة لهذه المعادلات التي يعالجها بموجب امثلة رقمية ووفقاً لأساليب قريبة جداً من الأساليب التي نتبعها نحن .

وحول بعض هذه الأمثلة يلاحظ أن مجموع الجذور يعادل معامل الحد Terme من الدرجة الثانية ، في حين ان ناتجها يعادل الحد الثابت ، مفتتحاً بهذا النظرية الحديثة في المعادلات الجبرية .

نشير أيضاً ، أنه لأول مرة في الغرب ، يعالج « كاردان » الحل المقارب للمعادلات العددية ، وانه رغم رفضه قبول الأعداد السلبية كاعداد « حقة »، لم يتردد في اجراء حساب بواسطة جذور الأعداد السلبية (اعدادنا التصورية الخيالية) . وان لم يستفد أية افادة من هذا الحدث، العجيب رغم كل شيء وهو أن « العدد الحقيقي يتولد انطلاقاً من المستحيل » ،في حين أن بومبلي Bombelli سوف يفهم كل أهميته بعد عدة سنوات .

ويتضمن « آر مغنا Ars Magna » ايضاً عرضاً لاكتشافات فراري Ferrari المتعلقة بحل المعادلات من الدرجة الرابعة ، بواسطة طريقة اصبحت اليوم كلاسيكية .

وفي السنة التي تلت اجاب « تارتغليا » في كتابه « مسائل وحلول » « Quesitis et inventioni » (البندقية 1546) واتهم«كاردان» بأنه لم يزد على أن كشف عن أساليب اعطاه هو اياها بشرط السرية . فرد فراري Ferrari بمقالة عنيفة (كارتلودي سفيدا 1547) حيث اتهم « تارتغليا » بأنه سرق « دل فرو » وتحداه في الرياضيات . ورد « تارتغليا » بمقالة جوابية (ريسبوستا) اتبعها بستة كارتلي Cartelli وستة اجوبة متتالية ، دونما فائدة سوى اظهار براعة الخصمين في حلول المسائل المتنوعة .

المنشورات الأخيرة عند تارتغليا Tartaglia وكاردان Cardan: يعتبر « الكتاب العام في الأعداد والمقاييس » « General Trattato » (البندقية 1556 - 1560) وهو مطبوع بعد وفاة « تارتغليا » عملاً ضخماً (6 أقسام) مبنياً على نموذج «السوما Summa» لباسيولي Pacioli ، ولكنه معروض بوضوح أكبر . ويبدو أن المؤلف أراد ان ينافس « كاردان » ويباريه . كما أن اثر ستيفل Stifel فيه بارز واضح. واستعمل المثلث الحسابي في حساب تحليلي توافيقي Combinatoire وفي البحث عن جذور الاشارات indices العليا .

أما « كاردان » فالأعمال الرياضية التي نشرها بعد « آر مغنا Ars magna » لم تلاق نجاحاً كبيراً ، وظهور « الجبر » « لبومبلي » سنة 1572 ، جعلها عتيقة تماماً . ولكن نلاحظ في «الآرمغنا» (تاريخ غير مؤكد) وجود استباق لقاعدة اشارات الجذور التي قال بها « ديكارت »، وفي كتاب (Opus novum di proportio...) (1570) مناقشة حول زاوية الامكان (Contingence) . وفي كتاب سوبتيليتت Subtilitate « نورنبورغ 1550 ، وبعدها الكثير من الطبعات والترجمات » اعتمد «كاردان» وجهة نظر كامبانوس Campanus وبموجبها تبدو زاوية الامكان ، وهي اصغر من كل زاوية مستقيمة ، وكأنها تقدم مثلاً عن قيمة صغيرة جداً موجودة بالفعل لا بالقوة . هذا التصور المضلل-

المحارب من قبل جاك بلِّتِّيه Jacques Peletier الذي اكد بحق ، سنة 1559 ، ان هذه الزاوية عدم ـ عاد اليه كاردان Cardan في هذه المعالجة الجديدة . ونشير اخيراً الى محاولة ، نشرت بعد موت « كاردان »، سنة 1663 في كتاب Opera Omnia (ليون 10 مجلدات)، يدرس فيها « كاردان » تحت عنوان ليدو آليا (De Ludo aleae) عبر تجربته كمقامر في لعبة الكشاتبين، الاحتمالات القائمة في مختلف الضربات ، الخ . وهكذا ساهم في حساب الاحتمالات .

بومبلي **Bombelli** وجبره : بلغ الجبر الايطالي مع « بومبلي » أوْجَه الأعلى . وكان صاحبُ « الجبر » الشهير : (L' algebra, parte maggiore dell 'aritmetica, divisa in tre libri) هو الأول ، وظل كذلك لمدة طويلة ، الرياضي الوحيد الذي تجرأ على قبول « وجود » الأرقام الخيالية ، وبالتالي تقديم بعض الضوء على احجية « الحالة المستحيلة الحل » في المعادلات من الدرجة الثالثة . وكتب بومبلي Bombelli ، بحكم مهنته كمهندس تخطيط مائي ، من بولونيا (الايطالية) ، بين 1557 و 1560 نسخة اولى من كتابه الذي وجده ونشره ي . بورتولوتي E. Bortolotti (1929) . فبعد ان قام «بومبلي » بترجمة مخطوطة عن « حساب » ديوفانت Diophante تأثر بها بعمق ، وطبعت روح هذه المخطوطة الصيغة المكتوبة لكتاب «الجبر» الذي نشر في بولونيا سنة 1572 .

يقسم كتاب « الجبر » الى ثلاثة أبواب (كتب) : الأول مخصص لحساب الأسّيات Puissances والجذور .في مخطوطة 1560 رُمِزَ الى الجذور بالعلامة المعتادة R/، أما مرتبتها فتظهر من الأسّ Ry Exposant ، Ry^3 وRy^2 وذلك دلالة على $\sqrt[3]{}$ و $\sqrt[2]{}$. اما في النشرة المطبوعة ، فقد عاد « بومبلي » للأسف ، الى النظام الاختصاري المعتاد *R. q.* للدلالة على $\sqrt{}$ و *R. c.* للدلالة على $\sqrt[3]{}$. أما التعبير الذي يتناول استخراج الجذر فيحاط إما بخطوط مستقيمة (في المخطوطة) أو بالرموز ⅃ و L وهما اشارتان تقومان مقام الهلالين . عندنا (في الكتاب المطبوع)

Ry^3 ⌊ 52.*p*.Ry ⌊ 0.*m*.2209 ⌋ ⌋ تساوي $\sqrt[3]{52+\sqrt{0-2209}}$

*R.c.*L.71.*p.R.q.*1088⅃ $\sqrt[3]{71+\sqrt{1088}}$

أما الجمع والطرح فيدل عليهما بحرف p=زائد وm=ناقص والضرب بكلمة (*via*) والنتيجة بكلمة *fa* .

وزيادة وخارجاً عن بعض التقدم التفصيلي ، قدم « بومبلي » الجبر خطوة الى الامام ذات أهمية لا تقدر قيمتها . ففيما خص « الحالة المستحيلة الحل » في معادلة الدرجة الثالثة ، قرر أن يتعامل مع الجذور التربيعية للأعداد السلبية ، فطبق عليها القواعد الموضوعة لحساب جذور الأعداد الايجابية . واعتبر جذر العدد السلبي كحاصل أو ناتج عن ضرب جذر قيمته المطلقة بجذر العدد (1−) أي بالفرق (0−1) .

piu di meno ou Ry ⌊0.*m*.1⌋ = $\sqrt{0-1}$ *p.di.m.* ونحن نرمز اليها بحرف i

أما : *meno di meno* أو *(m.di.m.)* فنرمز اليها بـ $\sqrt{0-1}$ — أي بـ i – .

وقواعد الحساب مع هذه الكائنات الرياضية الجديدة تتوافق مع القواعد التي نتبعها ، باستثناء ان « بومبلي » يكتب المعامل بعد الرمز (p. di m . 2 pour 2 i) لا شك أنه دفع الى هذا التجديد الثوري ، بفعل بعض المقاطع عند « كاردان » و« تارتغليا ». الا ان الأصالة العميقة في فكر « بومبلي » بارزة بفعل أن « كاردان » نفسه ، بعد نشر « الجبر » أثار الاعتراضات ضد امكانية التعامل حسابياً بواسطة هذه الأعداد « المعقدة » . ويظهر تأثير ديوفانت Diophante في الكتاب 2 من « الجبر » الذي يتضمن النظرية الكاملة للمعادلات من الدرجات الأربع الأولى . وعلى هذا فالمجهول يسمى « تانتو » أو « كانتيتا » ؛ والمربع « بوتنزا » . والأس (Puissance) العام ، يسمى ، « ديغنيتا » تمشياً مع « تارتغليا » . أما علامات او رموز «الأسيات»، فتشبه رموز شوكيه Chuquet وهي من النمط «الأسي» انما دون تصوير للمجهول : والتثقيل « L'exposant » يرمز اليه في نصف دائرة موضوعة فوق الأس المقابل : أي أنه يرمز إلى المعادلة $x^3 + 4x^2 - 3$ بالتعبير

$1.p.4.m.3$

وهو استعمل قاعدة ضرب «الأسيات»، عن طريق جمع المثقلات (exposants) ، في حين يجهل « بومبلي » المثقل صفر والمثقلات السلبية .وهكذا يبدو متخلفاً عن ستيفل Stifel . ثم أنه قد تضايق من جراء عدم ابرازه المجهول برمز ، ولا الكميات المعروفة بأحرف ، ولهذا عجز عن كتابة معادلة أو صيغة عامة . وهناك حد آخر لفكرته يقوم على تجاهله أهمية العدد السلبي . وقد تبع التراث حين اصر ان تكون كل الحدود (Termes) ذات قيمة او اشارة ايجابية . ولهذا فانه يميز بين الأشكال الكلاسيكية الثلاثة لمعادلة الدرجة الثانية وبين الأشكال الستة (ترينوم) للمعادلة التكعيبية :

$$x^3 + px = q; \qquad x^3 = px + q; \qquad x^3 + q = px;$$
$$x^3 + px^2 = q; \qquad x^3 = px^2 + q; \qquad x^3 + q = px^2,$$

وعالج الثلاثة الأولى باسلوب « تارتغليا » ورد الثلاثة الأخيرة الى الثلاثة الأولى بادخال المجهول الاضافي $z = 1/x$.ويتيح تدخل الأعداد الخيالية حل « المسألة المستعصية »، في حين تردُّ المعادلة الكاملة (ذات الأربعة اعداد أو حدود). سنداً « لكاردان »، الى الشكل الثلاثي (ترينوم) بواسطة مجهول اضافي . اما معادلات الدرجة الرابعة (ولها 44 شكلاً) فتعالج بأساليب فراري Ferrari ، وذلك باختزال المعادلة الكاملة الى معادلة ذات اربعة حدود (بدون الحد x^3) .

وبراعة « بومبلي » تبرز في حل المسائل التطبيقية ، وهي مسائل تعرض بشكل محدد في الصيغة المخطوطة ، وبشكل تجريدي في الكتاب النهائي ، حيث تقرن هذه المسائل بامثلة جديدة مأخوذة عن ديوفانت Diophante . نشير أخيراً الى أن الكتاب 3 يتضمن محاولة معالجة هندسية لمسائل في الجبر.

موروليكو **Maurolico** : انتجت ايطاليا اضافة الى هؤلاء الجبريين العظام ، في القرن 16، بعض الرياضيين الكبار ومنهم موروليكو Maurolico ، وبندتي Benedetti وكوماندينو

Commandiano واليهم يضاف كلافيوس الذي ، وإن كان المانياً بالمولد ، عاش وعلم في ايطاليا .

كان فرانسيسكو موروليكو Francesco Maurolico (1494 - 1557) من مسين ، وكان أحد اغزر الأدمغة في زمنه ، فكان رياضياً ، وميكانيكياً ، وعالم بصر ، ومؤرخاً ، وكتب كثيراً . ولكن للأسف الكثير من مؤلفاته لم يظهر إلا بعد وفاته ، وبشكل متأخر لم يؤثر في نمو الفكر العلمي . من ذلك أن حاشيته عن ارخميدس Archimède ، التي طبعت سنة 1594 ، لم تظهر بالواقع إلا سنة 1685 وترجمته لابولونيوس Appollonius (الكتب الأربعة الأولى المحفوظة بالأغريقية مع إعادة للكتاب5)لم تنشر إلا سنة 1654 ؛ وأما دراسته « حول النور والظل » «Photismi de lumine et umbra» وهو كتاب أصيل جداً ، سبق به بشكل مدهش بصريات كبلر Kepler فلم ينشر الا سنة 1611 ، في نابولي بعد نشر كتاب كبلر «Ad Vitellionem paralipomena» .

ونشر موروليكو Maurolico في حياته عدة مؤلفات منها : كوسموغرافيا Cosmographia (البندقية 1543) ويحث حول المزولة (الساعة الشمسية) (1553-De lineis horariis libri III) كما اعاد طباعة الأوبوسكيلا Opuscula سنة 1575) . كما نشر مجموعة ترجمات لأعمال رياضية اغريقية (دوائر تيودوز Théodose وميناالاوس Ménelaüs والكرة المتحركة لاوتوليكوس Autolycus ، والمساكن (Habitalionibus) لتيودوز Théodose والظواهر « Phaenomenis » الأقليدس Euclide مسين 1558) . وظهرت كتب تقريض الرياضيات والحساب «Opuscula mathematica» و«Arith-meticorum libiri» في البندقية سنة 1575 ، وفي مزولته يبين « موروليكو » ان الظل الملقى من قمة « عقرب » (عامود) المزولة هو دائماً ذو قطع مخروطي تختلف طبيعته ونوعه بحسب موقع سطح الالقاء (الاسقاط).

وتضمنت هذه المعالجة، دراسة اجمالية للمقاطع المخروطية حيث ، تمشياً مع ورنر Werner ومعارضة لابولونيوس Apollonius ، قام « موروليكو » بمعالجة هذه المنحنيات وكأنها قطوعات مسطحة للمخروط . ونشير في « الأوبوسكولا Opuscula » ، الى تحديد مركز الثقل لمختلف الأجسام (اهرامات ، قطوعات الكرة ، والى القطع « المكافىء الدائر» « Paraboloide de révolution » ، وأول فكرة عن التطابق بين الدروات والأوجه في « الصفاح » أو « المتعدد الوجوه المنتظم » (Polyèdre). ونجد في الأرثماتيكا استعمال الحروف بشكل منهجي بدلاً من الأعداد الخاصة ، كما نجد أول مثل على اسلوب التحليل الذي سمي فيما بعد « الاستقراء الرياضي » induction mathématique (البرهنة من الجزئي الى الكلي) .

بندتي **Benedetti** الرياضي : كان جان باتيست بندتي Giambattista Benedetti (1530- 1590) فيلسوفاً ورياضياً ومهندساً في خدمة دوق دي سافوا Duc de Savoie ، وكان عالماً بالهندسة موهوباً وقد نشر بادىء الأمر كتاباً عن اعمال اقليدس De resolutione omnium Euclidis problematum aliorumque (البندقية 1553 ثمّ كتاباً عن المزولة (1574). ونشر أخيراً في تورينو

(1585) كتاباً عن الرياضيات والفيزياء خصصه بصورة رئيسية لنقد « الديناميكا » لأرسطو ، كما خصصه ايضاً لدراسات حول الحساب الهندسي والموسيقى ، والمناظر .. الخ وعولجت معادلات الدرجة الثانية فيه بروحية الهندسة القديمة . ويبين بندتي Benedetti أيضاً كيف يمكن بناء شكل ذي اربعة أوجه ضمن دائرة ، إذا كانت الأضلاع محددة المقاييس .

ترجمات كوماندينو Commandino : كان فردريك كوماندينو Federigo Commandino (1509 - 1575) طبيباً ورياضياً عند « دوق دوربينو d'Urbino » . ولم يكن رياضياً عظيماً . وعمله حول مركز الثقل في الأجسام ـ وان استخدم فيه الأساليب المتناهية الصغر (الحساب التفاضلي) التي استعملها « ارخيدس » (بولونيا 1565) ـ أقل قيمة من عمل موروليكو Maurolico . وبالمقابل كان مترجماً مدهشاً ومجاهداً للأعمال الرياضية الأغريقية : « ارخيدس » (البندقية 1558 ، بولونيا 1565) ، أبولونيوس Apollonius مع التفاسير لبابوس Pappus واتوسيوس Eutocius (بولونيا 1566)، والأناليما Analemma لبطليموس Ptolémée (روما 1562) ، واريستارك دي ساموس Aristarque de Samos (بيزارو 1572) ، واقليدس Euclide بـاللاتينية ، (بيزا 1572) وبالايطالية (بيزارو 1575)؛ والبنوماتيك لهيرون Pneumatique de Héron (.اوربينو 1575) ، وأخيراً المجموعة الرياضية لبابوس Collection mathématique de Pappus (بيزارو 1588) . والى جانب هذا الانتاج الفخم ، قام كزيلاندر Xylander بترجمة ديوفانت Diophante (بال 1575) . وهكذا اصبح كل الانتاج الرياضي الأغريقي ، باستثناء القليل ، بين يدي الغرب ، في أواخر القرن السادس عشر .

كلافيوس Clavius. والتعليم : كان كريستوف كلافيوس Christoph Clavius من بامبرغ اصلاً (1537 - 1612) . وكان استاذ رياضيات مشهوراً بحق في كلية جمعية يسوع في روما ، ولعب دوراً اساسياً في انشاء الروزنامة الغريغورية . وكان كتابه «اوبرا ماتيماتيكا Opera mathematica » (ماينس 1612) يتضمن خمسة مجلدات نصفية (in folio) . واصبحت ترجمته الممتازة مع الشروحات «لاقليدس » (1574) الطبعة المقياس وظلت كذلك حتى القرن 17 . واعتمدت كتبه في الحساب والهندسة والجبر والمزاول والفلك بفضل نفسها التعليمي وبفضل موقع مؤلفها ، في الكليات اليسوعية (اذ في كتاب « كلافيوس »، الذي بسط اشارات « ستيفل »، تعلم « ديكارت » الجبر عند لافليش La Flèche) . وجعلت هذه الكتب من « كلافيوس » سيّد الرياضيات في أوروبا الكاثوليكية .

3 ـ ما قدمته المدارس الأخرى

الانتاج الرياضي الفرنسي : خارج المانيا وايطاليا كان التقدم الرياضي في القرن السادس عشر مختصراً جداً . وحتى مجيء فيات Viète الذي لم ينشر عمله الا في القرن التالي ، ظل الأدب الرياضي الفرنسي مرتبطا بالانتاج الإيطالي والألماني ولم يلحقها عموماً الا متأخراً .

كان جاك ليفيفر ديتابل Jacques Lefèvre d'Etaples ـ (1455-1536) فيلسوفاً ولاهوتياً وانسانياً . ونشر طبعات عن حساب بويس Boèce (باريس 1503) ، وكذلك عن حساب جوردانوس نموراريوس Jordanus Nemorarius (1496) ، كما نشر الأسفار لساكروبوسكو Saphaera de Sacrobosco (1499 ، عدة نسخ) والأوبرا أومنا لنيقولا دي كوي Opera (1514) Omina de Nicolas de Cues . وكان يجلّ هذا الكتاب الأخير هو ومدرسته . وأخيراً ، في سنة 1516 نشر طبعة لعناصر « اقليدس » ، مع ترجمة لكمبانوس Campanus وترجمة لزامبرتي Zamberti وكذلك تفسيرات هيبسيكلس Hypsiclès وتيون الأسكندري Théon D'Alexandrie.

ونشر تلميذه شارل بويل Charles de Bouelles (1470 - 1553) المعروف كفيلسوف ولاهوتي ، « مدخلاً الى الهندسة » باللغة اللاتينية (1503) ، وكتاباً عن الهندسة العملية بالفرنسية (وهو كتاب فريد ومفيد يبحث في الهندسة وتطبيقها باريس 1511). وقد اعيد طبعه بالفرنسية كما باللاتينية . ونشير ايضاً الى دراسته حول المصفح المنتظم والمصفح المنجم . اما السيكلويد أو الدوائري ، ويعزى اليه اكتشافه ، فقد التبس عليه أمره بحيث خلطه مع قوس من الدائرة وسعى الى استخدامه في محاولاته لتربيع الدائرة ، مستلهماً من دون شك نقولا دي كوي Nicolas de Cues وظهرت بعض الكتب حول الحساب التجاري في مطلع القرن . ومستواها متدنٍ باستثناء « الحساب » لأتيان دي لاروش Etienne de La Roche (ليون 1520) الذي أخذ محتواه من تري بارتي Tri- party لشوكيه Chuquet بعد أن أهمل اكتشافه الكبير حول المثقل Exposant صفر والمثقلات السلبية ، وعن « سوما » باسيولي Pacioli ، وهو كتاب ممتاز في عصره . وقد نقل بعض تصورات « شوكيه» ، والهم بصورة خاصة بومبللي Bombelli فكرة الترميز الأسي أو التثقيلي .

وكان أورونس فينه Oronce Finé (1494 - 1555) أول صاحب منبر للرياضيات في الكلية الملكية (قبل 1532) . ولعب في عصره دوراً وذاع صيته . إلا أن مؤلفاته هي من الدرجة الثانية : إعادة طبع : « مرغريتا فيلوزوفيكا Margarita Philosophica» . ثم « تيوريكا نوفا . . . Theori- cae Novae..) لبورباخ Peurbach طبعة اغريقية لاتينية لستة كتب لاقليدس Euclide ، نشر كتاب ابتدائي كامل تقريباً من الرياضيات النظرية والتطبيقية ثم بروتوماتيزيس Protomathesis (1530 - 1532) الذي اعيد طبع مختلف أجزائه على حدة باللاتينية والفرنسية الخ . وقد اهتم فينه Finé بصورة خاصة بالحساب الستيني وبوضع الرسوم الهندسية وتحويلها بعضها الى بعض . وزعم أنه يعلم الحل الدقيق لتربيع الدائرة (كوادراتورا سركولي De quadratura circuli ، باريس 1544) ، وغيرها من المسائل الأخرى الشهيرة في العصور القديمة (مثل تضعيف المكعب ، وتجزئة الزاوية ،الخ) بواسطة النسبة الإلهية (. . . باريس 1559) . وقد أثارت محاولة « فينه » ، تربيع الدائرة ،الانتقادات العديدة وأهمها انتقادات بدرو نونز وجوانس بوتو Joannes Buteo و Pedro Nunez .

واسم هذا الأخير الحقيقي جان بورل Jean Borrel وقد انتقد محاولات تربيع الدائرة عند « فينه » و « ستيفل » (ليون 1559) وطور اسلوباً غريباً في تضعيف المكعب عن طريق التقريب

المتتالي . وحاول (في كتابه لوجيستيكا . . . ليون 1559). أن يعيد النظر في هندسة الترميزات والتعابير الجبرية ، واستبدل كلمة « راديكس » بكلمة « لاتوس ». وعرف المجهول « رس » بالحرف ب ، «P» وعرف المربع بمربع قائم على احدى زواياه . . . اما المعادلة فقد رمز اليها بزاوية . [وعندما كانت المعادلة تتضمن عدة مجهولات كان « بوتو » يعرفها مثل ستيفل Stifel بالحروف الكبيرة التاجية . -

وعن جان بُلُتيِّه مانس Jacques Peletier du Mans (بلُّتاريوس1517-1582)أشرنا الى اختراعه الموفق حول زاوية الاحتمال . كان رجلاً مستطلعاً ، وشاعراً وفيلسوفاً ورياضياً . اعاد طبع أوراس Horace . واراد الكتابة ونشر كتاباً في الحساب (بواتيه سنة 1549) وكتاباً عن الجبر (ليون 1554). وكلا الكتابين متكل على اعمال « كاردان Cardan » و « ستيفل » . وأخذ عن هذا الأخير المثلث الحسابي ، والأس صفر كما أخذ أيضاً نظام التعريف بالمجهولات (وذلك في المسائل التي تتكرر فيها المجهولات) بالحروف الأولى من الأبجدية . ويدلنا بلتيه Peletier على كيفية استخراج الجذور الجذرية من معادلة ذات اسات جذرية . ونحن مدينون له ايضاً بطبع ستّة كتب أولى لأقليدس Euclide مع تفاسيرها (ليون 1557 ، باللاتينية ، وترجمة فرنسية في جنيف 1611).

وهناك طبعة ثانية لأقليدس Euclide قام بها فرنسوا دي فواكاندال François de Foix - Candale الذي نشر الكتب الخمسة عشر (باريس 1566) وأضاف اليها ثلاثة كتب من عنده تتعلق بمختلف انماط المضلعات . . وكان بيار فوركادل Pierre Forcadel (؟ ـ 1574) قد حصل بناء على الحاح راموس Ramus ، على كرسي الرياضيات ونشر تراجم فرنسية لكتب « اقليدس » التسعة (1564 - 1565) ، وكذلك نشر أعمالاً رياضية وفلكية لـ « ارخميدس » أيضاً ولـ « بروكلوس » و « أتوليكوس » وفينه وجما فريزيوس الخ . والف بيار فوركادل Pierre Fordcadel أيضاً كتاباً في الحساب . . (1557 - 1558) . وفي الطبعة الأولى منه استعمل المختصرات المعتادة وترميز «شوكيه» بالنسبة الى الجذور وكذلك الاشارة + و — في حين أنه في الطبعات اللاحقة تخلى عن هذا الترميز .

ونشير ايضاً الى كتاب الحساب الذي الفه جان ترانشان Jean Trenchant (1558 مع عدة طبعات) ويحتوي هذا الكتاب بصورة خاصة على معالجة للجبر استعمل فيها الترميز الكوسي والمثلث الحسابي الخ . ونذكر ايضاً كتاب الجبر الذي وضعه غليوم غوسلان Cuillaume Gosselin (باريس 1577) ، وترجمته الفرنسية المختصرة جداً لكتاب « تارتغليا » وعنوانه (General Trattato) (باريس 1578).

راموس Ramus والرياضيات : تتعلق دراسة كتب أكبر رياضي فرنسي في تلك الحقبة وهو فرانسوا فيات François Viète (1540 - 1603) ، بصورة منطقية بالقرن اللاحق . والكاتب الفرنسي الأخير الذي يستحق الذكر هنا ، على الأقل كناشر للرياضيات ـ حين امتدحها امتداحاً كبيراً وفضلها على عقم المنطق والجدلية المدرسيين ـ وكمؤرخ للرياضيات ـ حيث خصص ثلاثة كتب من كتابه الكبير المعنون « الرياضيات المدرسية » ـ هو « بيار راموس » (1515 - 1572 الذي قتل في مذبحة سان بارتيليمي) . اشتهر « راموس » كانساني وكفيلسوف وكمجادل ونشر كتاباً في الحساب

(باريس 1555) .. وأعيد طبع هذا الكتاب عدة مرات وترجم الى الانكليزية مع غيره من كتب الرياضيات التي جمعها في كتاب واحد سماه الرياضيات المدرسية (بال 1569) . ونشير أيضاً الى رسالته حول العدد السلبي ويرده الى التعارض المنطقي بين الايجاب والسلب : سلبيان يساويان ايجاباً ، كما كتب . وتدخل « راموس » في الهندسة ولم يوفق . ومعاداته للتراث المدرسي ـ كل ما قاله « ارسطو » خطأ ـ جرت عليه الشهرة . وفكر بحماس ان يستبدل المنطق بالبيان ووضع مشروعاً لاصلاح كتب « اقليدس » اذ كان يعتبره من الناحية التربوية متوافقاً قليلاً مع الترتيب العقلاني للعلوم ومع مسار الفكر الطبيعي . كتب يقول يجب تعليم الحساب قبل الهندسة . أما البديهيات فيجب أن لا تذكر الا عند الحاجة اليها . فضلاً عن ذلك يرى « راموس » ان الحساب التطبيقي عند تجار سان دينيس هو اكثر فائدة من البيانات الدقيقة التي وردت في الكتاب العاشر من « عناصر » « اقليدس » . واذا كانت هذه المزاعم مقبولة من الناحية التربوية والعملية فان مواقفه من الناحية العلمية ومن ناحية التقدم العلمي والفلسفي تبدو رجعية ومتأخرة .

بدايات المدرسة الانكليزية : كانت انكلترا اكثر تأخراً يومئذ عن فرنسا . وكان أول كتاب في الرياضيات نشر في هذا البلد هو : فن . . التربيع (لندن 1522) لمؤلفه كوثبرت تانستال Cuthbert Tunstall وقدمه الى توماس مور Thomas More . ويبحث الكتاب في الحساب التجاري من النمط الكلاسيكي المرتكز على مصادر إيطالية وبخاصة كتاب « باسيولي » « سوما Summa » ؛ وقد تقلد المؤلف ترتيبه وعرضه . كتب هذا الكتاب باللاتينية . ولم يلاقِ الا انتشاراً خفيفاً في انجلترا ، ولكنه طبع سبع طبعات في القارة .

وعرف روبرت ريكورد Robert Recorde (1510 ؟ 1558) ، الرياضي الانكليزي الأبرز في القرن السادس عشر نجاحاً أوسع بفضل كتابه : « أرض الفنون » (حوالي 1540 ، 11 طبعة في القرن السادس عشر) ، وبكتابه « الطريق الى المعرفة » (1551) ، وخاصة كتابه المختصر في الجبر « وتستون أوف ويت The whetstone of Witte » (1557) ، « القسم الثاني من الحساب » . ويعتبر هذا الكتاب الأخير ـ بحكم أنه أول كتاب كتب بالإنكليزية ، ويعلم طرح الجذور والتجربة « الكوسية » مع قاعدة المعادلات ، والحساب بالأرقام غير الجذرية ، أو الأرقام الصماء ـ أول كتاب يستعمل العلامة ـ و + ، ولكنه يضيف اليها ، ولأول مرة في كتاب مطبوع علامة = ، والتي سبق ان استعملت في بعض المخطوطات الايطالية المعاصرة . وبالنسبة الى الباقي يعتمد ريكورد Recorde ترميزات « ستيفل » .

ونشير أيضاً الى ليونارد وتوماس ديغجز Leonard et Thomas ، وقد الفا عدة كتب في الرياضيات العسكرية والهندسية العملية . ونشير أيضاً الى ترجمة انكليزية « لعناصر » « أقليدس » من قبل سير هانري بللنجلي Sir Henry Billingsley وجون دي John Dee في سنة 1570 . واعاد هذا الأخير ، مع كوماندينو Commandino صياغة عمل « اقليدس » عن قسمة الصور مستندين الى نص عربي ، سنة 1570 .

اعمال نونزNunez : في شبه الجزيرة الأيبيرية تجب الاشارة الى اعمال بدرو نونز Pedro Nunez (1502 - 1578) وهو عالم فلكي ملكي ، أوجدت له كرسي لتعليم الرياضيات في جامعة كويمبر. كان فكراً خلاقاً واستطلاعياً . وترك اثره في العديد من المجالات العلمية . من ذلك أنه في كتابه الجبر والحساب والهندسة (انفرس 1564) حاول ان يحدد القاسم المشترك الأكبر لمعادلتين جبريتين ، من اجل حل بعض المعادلات من الدرجة العالية . ويعود الفضل اليه في حل مسألة الشفق الأقصر (كريبسكولوس (De Crepusculis liber unus) . . . ليشبونه 1542) . واليه يعود الفضل في اختراع آلة « نونيس » وهي آلة تتيح قياس الزواية الصغيرة بدقة . وعلى كل كان جهازه دقيقاً جداً بالنسبة الى عصره فلم ينجح كثيراً . . ولذا استبدل في القرن اللاحق بآلة ابسط هي « فرنيية Vernier » اخترعت سنة 1631 . وفي كتابه تراتادو . . . Tratado) . . وهو جزء من كتاب كبير عنوانه « تراتادو دا سفيرا Tratado da sphera » (ليشبونه 1537) والموسع باللغة اللاتينية في كتاب أوبرا Opera (بال 1566) ثم في كتاب « دي آرت De Arte » (كويمبر 1573) ، في هذه الكتب جميعاً خالف « نونز » الرأي السائد بين البحارة ، واثبت ان الطريق الأقصر بين نقطتين في الكرة الأرضية هو قوس الدائرة الكبرى وليس الخط المنحني الذي يقطع خطوط الطول في زاوية ثابتة . ودرس بعناية هذا المنحنى الأخير وسماه « رامبوس Rumbus » . وقد لعب هذا المنحنى دوراً مهماً في تاريخ الرياضيات في القرن السابع عشر تحت اسم « لوكسو درومي Loxo dromie » اسم اطلقه عليه سنيليوس Snellius سنة 1605.

. سيمون ستيفن Simon Stevin : عرفت السنوات الأخيرة من القرن السادس عشر حقبة جمود نسبي فيما يتعلق بالعلم الايطالي . وانتقل مركز حركة الفكر العلمي نحو الشمال واصبح سيمون ستيفن Simon Stevin (1548 - 1620) هو الخليفة بحق لبومبلي وليبنيديتي Bombelli et Benedetti ، وستيفن Stevin ، مثل هذين الأخيرين ، كان منظراً ورجل تطبيق . كان محاسباً وبناء مطاحن وسدود وتحصينات . ولم تكن الاهتمامات العملية غائبة عن فكره . وفي شبابه اشتغل كأمين صندوق وماسك دفاتر في مؤسسة تجارية في أنفرس . وفي سنة 1577 ، وبعد سفرة طويلة في بلدان الشمال التحق بادارة « الفرنك » في مسقط رأسه، وترك بعدها البلدان المنخفضة الأسبانية . وفي سنة 1581 وجد في ليد، حيث تسجل في سنة 1583 كطالب أدب في الجامعة . وفيما بعد دخل كمهندس عسكري، وكمفتش على السدود والأقنية ، بخدمة دول هولندا . وفي سنة 1593 ، وبناءً على توصية من موريس دي ناسو Maurice de Nassau وكان قد علمه الرياضيات وأصبح صديقه ، عين مستشاراً في جيوش البلدان المنخفضة . وفي سنة 1600 نظم تعليم الرياضيات باللغة الفلمنكية في مدرسة المهندسين في ليد. ومات في لاهاي سنة 1620.

المنشورات الأولى : كان أول كتبه (حول الفائدة ، أنفرس 1582) ، وتضمن الجداول الأولى الكبيرة عن الفائدة ، والمنشورة في ذلك الحين . وهذا الكتاب يعكس اهتماماته العملية . ويقول : انه ينشر مثل هذه الجداول التي ظلت سرية حتى ذلك الوقت من اجل فائدة الجماعة ، واستعمل اساليب

الحساب التي عرضها جون ترانشان Jean Trenchant في كتابه « الحساب Arithmetique »، وبشكر مؤلفها . وفي كتابه « كتاب حساب الأمراء على طريقة ايطاليا Livre de compte de prince (à la manière d'Italie) (ليد 1608) طور أساليب المحاسبة ذات القيد المزدوج . ونصح باستعمالها في محاسبات الدولة . اما كتابه « مسائل هندسية » (انفرس 1583) فيعتبر عملاً نظرياً خالصاً . وقد ظهر فيه ستيفن مهندساً كاملاً . ويوجد في هذا الكتاب دراسة موسعة عن المضلع المنتظم ونصف المنتظم المحاط بالدائرة (وفقاً لنهج دورر Dürer ، عَمَدَ ستيفن Stevin الى « فلش » (Déplie) سطوح هذه الأجسام فوق السطح). كما عمد أيضاً الى التأكيد على المشابهة الكاملة وعلى التطابق الظاهر بين الكمية المتصلة والكمية غير المتصلة . وقد عمق هذا التأكيد فيما بعد .

وفي سنة 1585 نشر « ستيفن » في ليد كتاباً عنوانه : « الحساب عند سيمون ستيفن » وقسمه الى قسمين : قسم نظري يتضمن معالجة كبيرة للحساب والجبر ، وشرحاً لكتب ديوفانت Diophante الأربعة في الجبر . (وذلك سنداً لطبعة كزيلاندر Xylander) . وفي المفيد أن نشير هنا الى تأثير الرياضي الأغريقي الكبير على « بومبلي » وعلى « ستيفن ». ونشر ايضاً مجموعة دراسات (الحساب التطبيقي) وتتضمن فيها تتضمن الترجمة الفرنسية لكتاب « . . . الفوائد »، 1582 و « الأعشار »، ونعود اليها ، وكذلك تفسيراً لنظرية الأبعاد التي لا تحد نقلاً عن الكتاب العاشر من عناصر « اقليدس » . ويحتل كتاب « الحساب » ، الذي اعيد نشره من قبل البيرجيرار Albert Girard سنة 1625 ، ثم سنة 1634 ، (في الأعمال الرياضية) يحتل هذا الكتاب مكانة مهمة في تاريخ الفكر الرياضي . وفيه يطرح « ستيفن » منهجية وتبسيطاً للحساب وللجبر ، تجاوز فيهما كل من سبقوه . كما أدخل تجديدات رئيسية : منهجية الكسور العشرية ، وتصور جديد للعدد ، يمكن أن يجعل الجبر مستقلاً عن الهندسة ، وبذات الوقت يزيد الروابط التي تجمع بين هذين العلمين .

الكسور العشرية : كان ادخال الكسور العشرية يقصد به هدف عملي ، وقد تضمنها فصل صغير ضمن كتاب « الحساب » (132 - 160) في الحساب العملي : « ان تعلم الكسور يسهل العمليات وكلها موجودة في اعمال الناس » (سبق نشره بالفلمنكية تحت عنوان De Thiende ، في نفس السنة 1585) . لم يخترع « ستيفن » « الكسور العشرية بالتأكيد ،فقد استعملها قبله ، امانويل بونفيس دي تاراسكون Emmanuel Bonfils de Tarascon (حوالي 1350) ، ورجيومونتانوس Regiomontanus (سنة 1463، ونشرت دراسته عنها سنة 1541) وردولف Rudolff (1525) وايلي ميزارشي Elie Misrachi (1532). وأخيراً ، وقبل ذلك بقليل من قبل فيات Viète . ولكن يبقى من الحق القول انه باستثناء الرياضي الكبير «العربي » جمشيد الكاشي Jamshid al - Kashi ، وأعماله وضعت سنة 1427 ، ولكنها لم تعرف في الغرب (مجلد 1 ، القسم الثالث الفصلان 2 و8) لم يخطر لأحد غير ستيفن أن يحلّ الكسور العشرية محل الكسور العادية ، ويضع نظام ترميز يتيح توحيد مجال تطبيق قواعد الحساب ، دون أن يحتفظ منها إلا بالقواعد التي تطبق على العدد الصحيح . ولكن

للأسف كان هذا الترميز ، ثقيلاً وغير ميسر . وهو يشبه الترميز الذي استعمله «ستيفن» في الجبر ، فيما يتعلق بمثقلات المجهول ، تقليداً « لبومبلي» » ان الرموز ③ ,② ,① ,⓪ تدل على المثقلات والأسات exposantsفي السلسلة$(1/10)^0$، $(1/10)^1$ ، $(1/19)^2$ ، $(1/10)^3$ الخ مرسومة ، ربما ، تقليداً لسلسلة الكسور الستينية $(1/60)^1$ أو 1̂ ، $(1/60)^2$ أو 1̂ ، الخ . وهكذا يكتب العدد 15,378 هكذا :③ 8 ② 7 ① 3 ⓪ 15والاعداد المحاطة تدل على الاس او المثقل في العدد المثقّل المطابق لـ 1/10 .

ومن المدهش ان « ستيفن » لم ينتبه الى عدم جدوى هذه « الأسات » ما دام يكفي فصل سلسلة الوحدات عن سلسلة الكسور بأي فاصل كان . وبعد سبع سنوات لحظ ج.ا. ماجيني G. A. Magini هذا في كتابه (المثلثات المسطحة) De Planis triangulis (البندقية 1592) فكتب : 15.378 . وكذلك فعل كلافيوس Clavius في « الاسطرلاب » «Astarolabium» سنة 1593 .

واستعمال الكسور العشرية ، بعد تخليصها من ترميز « ستيفن » انتشر بسرعة ، وتعمم الترميز الحالي ـ القائم على استعمال امانقطة وإما فاصلة من اجل الفصل بين القسم الصحيح وبين الكسر ـ على يد نيبر Néper في «رابدولوجيا » (1617) وفي «كونستروكسيو » (بعد موته سنة 1619) . ثم من قبل المؤلفين المتتالين لجداول اللوغاريتم . وادى ادخال اللوغاريتم ذي الأساس عشرة الى مرحلة جديدة في نشر النظام العشري .وبالمقابل، هناك اقتراح آخر قدمه كتاب «الديسم»(Disme) ويقوم على توحيد ـ على أساس النظام العشري ـ الأوزان والمقاييس والنقود، بقي قرنين قبل أن يؤخذ في الاعتبار . وحتى اليوم لم يعتمد من قبل الجميع في كل مكان .

توحيد فكرة العدد : والتجديد الثاني الذي أحدثه « ستيفن » هو توحيد فكرة العدد . فهو يرى أن الخطأ الكبير الذي ارتكبه الرياضيون الذين سبقوه ـ باستثناء ديوفانت Diophante ـ انهم لم يعتبرو « الوحدة عدداً » من ذات طبيعة الأعداد الأخرى ومقروءاً مثلها ، وانهم جعلوها مبدأ الأعداد . ولكن الوحدة ليست هي المبدأ بل الصفر ، الذي هو منطلق كل قيمة متتابعة ، مستمرة ، ولهذا يتوافق مع المقدار المتتابع عدد متماد يتمتع بذات الخصائص العملياتية التي للعدد الصحيح الجذر : « ان أي جذر هو عدد» . ولهذا عارض توصيفات الأعداد مثل « $\sqrt{2}$ أو $\sqrt{8}$ بأنها مستحيلة ، وغير جذرية ، وغير نظامية ، وغير قابلة للتفسير أو صماء» . ان الأعداد المذكورة هي فقط غير قابلة للقياس، «ولكن عدم القابلية للقياس لا تتسبب بالاستحالة» . ان توحيد فكرة العدد أمرٌ رئيسي لأنه يفتح الطريق الى تطور الجبر والهندسة التحليلية .

الأعمال الجبرية عند «ستيفن »: ان الترميزات الجبرية عند « ستيفن » تتفرع عن ترميزات «ستيفن » و« بومبيلي ». والمثقّلات تعرف باشارات تحاط بدائرة توضع الى جانب المعامل Coefficient اما المجهول فلا يعبر عنه. مثاله ان :

① 2 يساوي x 2 و ④ 3 يساوي $x^4$3. و« ستيفن » وان تقبل من حيث المبدأ ، المثقلات الكسرية فهو يفضل استعمال اشارات اتفاقية مستوحاة جزئياً من ترميزات « رودولف » ،وان اختلفت عنها

احيانـاً ، اختـلافـاً واضحـاً . امـا الجمـع والـطرح والضرب والـقسـمـة فـيعـبر عـنهـا بالاشارات + ، − D و M . أما التركيب من واحد فيسميه مونوم (وحيد الحد)واما التركيب الكثيري فيسميه مولتينوم (متعدد الحدود) . [M = ضرب و D = قسمة] .

ومن بين المسائل الخاصة المدروسة ، نشير الى حل كامل لاستخراج القاسم المشترك الأكبر من تركيبين تعددين (وهي مسألة سبق أن اهتم بها نونز Nunez) . وأفضل إنجاز جبري لستيفن هو بدون شك اختصار توحيد قواعد حل المعادلات الجبرية ، أو وفقاً لتعبيره : « قواعدالكميات الثلاث » . من ذلك أنه بالنسبة الى المعادلة من الدرجة الثانية يقول :معك ثلاثة أرقام أولها ② وثانيها ① والثالث عدد جبري ما . أوجد العدد الرابع التناسبي أي : $x^2=ax+n$ (وبعدها فتشرعن المجهول x) .

وتبدو معادلة الدرجة الثانية بالنسبة اليهم ، تحت ثلاثة اشكال اساسية وغير قابلة للاختزال . ولم يستطع اهل الجبر ممّن سبق « ستيفن » التوصل الى صياغة قاعدة وحيدة لحلها . فكتب «ستيفن» اذاً :

ان ثنائية Binomie . الحد الثاني في هذه المسألة يمكن ان توجد في ثلاثة (صيغ)فروقات هي :

$$① + ⓪ = [ax + n], — ① + ⓪ = [— ax + n], ① — ⓪ = [ax — n].$$

ويعـطي عنهـا الاخـرون ثـلاث عمليات متنوعة . . .ونحن نبين شكلاً واحدا بواسطته ، ودون تغيير مقطع واحد ، تكـون العملية في الثلاثة نفسها أو ذاتها » .

واذا كان « ستيفن » قد نجح حيث اخفق سابقوه ، ستيفل Stifel كاردان Cardan بلتيه Peletier ، فلذلك انه يقبل تماماً بشرعية العدد السلبي . وهو ، لم يكتف فقط ، ودون تذمر ، بـان يقبل بالحلول السلبية في المعادلات التي يعالج ، بل قبل ايضاً ولأول مرة في تاريخ الجبر بمعادلة طرح عدد ايجابي من جمع عدد سلبي . ومن جراء هذا ، اختلطت الأشكال الثلاثـة للمعادلـة في واحدة . وطبق ستيفن Stevin نفس الطريقة على معادلات الدرجة الثالثة والرابعة . ولكن رفضه ، للأسف للعدد الخيالي لم يمكنه من أن يحقق في هذا المجال تقدماً يشبه التقدم الذي احرزه في نظرية المعادلة من الدرجة الثانية .

آخر منشورات ستيفن Stevin : بعد نشر «اريتماتيكا » بدا « ستيفن » وكـأنه قـد عزف عن الرياضيات البحتة وتخصص بالفيـزياء اولاً وبـالتطبيق ثـانياً . ولكنـه نشر ، على كـل حال ، سنـة 1594 ، رسالة موجزة في الجبر يعرض فيها منهجاً عاماً في الحل القريب للمعادلات .

ومنذ 1585 كان « ستيفن » يدافع عن اطروحة تقول بأن اللغة الفلمنكية صالحة بصورة خاصة لـدراسة العلوم (Dialectike) . ولهـذا فقد نشر بهـذه اللغة ثـلاثة كتب في الميكـانيك (1586) ، ودراسته عن التحصينات (1594) الخ . وهي أعمال جمعها،مع كتب أخرى وضعها لموريس دي ناسو Maurice de Nassau في جامع ضخـم. شامل ، باستثناء الديناميك ، ضـم كل العلم الـرياضي

والفيزيائي في عصره (نظرية وتطبيق) (خمسة مجلدات ، ليد 1608) ؛ وأعيد نشر هذه المجموعة في ذات السنة باللاتينية من قبل ويلبروردسنل Willebrord Snell (ايبومنياتا مـاتيها تيكـا) Hypomne-mata mathematica، بعضها ترجم الى الفرنسية من قبـل جان توننغ Jen Tuning (مـذكرات في الرياضيات . . 1608) . واعيد نشرها في سنة 1634 في ليد ، لدى إلـزيفيه Elzevier ، من قبـل البير جيرار Albert Girard فـي نشـر « الأعمال الرياضية » عند « ستيفن » . والمؤلفات المجموعة في هذا الجامع ، وان كانت في تاريـخ نشـرها تعـود الى القرن السـابع عشر ، فـانها ، في مضمونها تعـود الى القرن الماضي .

ومع « سيمون ستيفن » بلغ الجبر ، في عصر النهضة الذروة والنهاية في تطوره ، ولهذا يجدر أن نلقي نظرة سريعة وشاملة ، على المرحلة المقطوعة لمحاولة تحديد بنيتها الأساسية .

لقد حقق جبر عصر النهضة ، في وقت قصير جداً غنيّ مدهشاً في المعرفة الجبريـة ، وبالمقـارنة انجز ترميزاً مكثفاً جداً ، وغير متعب على الاطلاق ، أكثر كثافة وايسر وأسهل بالتأكيد من ترميز فيات Viète مثلاً . ولكن هذا الترميز كان عاجزاً عن الوصول الى الترميز التجريدي (للعمليات الجبرية) والى اخذ هذا الترميز كمحور لأفكاره .

انـه لأمر عجيب : لا شيء أبسط من فكـرة العمليـة (الجبـريـة أو الحسـابيـة) ؛ والموجزات اللـوغاريتيمـة الوسيطية والحديثة ، تقدم لنـا كلها لـوائح عن هـذه العمليات ، وتعلمنـا القواعـد العملياتية الواجبة الإتباع لأجراء عملية أو قسمة من اجل استخراج جذر أو حل معادلة . ومع ذلك ، ورغم الاستعمال المتقطع للرموز (الحروف) من قبل «ارسطو» (في المنطق) ومن قبل ليوناردي بيز Leonard de Pise ومن قبل جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius (في نظرية النسبات) فإن العملية والموضوع (الشيء)[موضوع العملية]، يشكلان وحدة متماسكة لدرجة ان الفكر لا يتوصـل الى فصلها عن بعض: (Res, Radix, Census) كلها تـدل على المجهـول ، وعـلى الجـذر وعلى المربع ، ولكن الجذر ، لا يعتبر ، نوعاً ما ، وكأنه جذر الشيء ، وان استخرج منه ، ولا المربع وكأنه مربع الشيء ، وان رفع اليه ، انهما جذر ومربع مستقلين تماماً . ولهذا ايضا ، وليس لأننا نتعامل عموماً مع مجهول واحد ، لا يعبر عن هذا المجهول (الذي هو x عندنا) وكأنه مجهول .

وبالتالي لا يقدم لنا جبر عصر النهضة صيغاً بل يعـطينا قـواعد وامثلة ، تمـاماً كـما في القواعـد (النحــو) ، التـي هـي أيضــاً تعطينـا قواعد يجب إتباعها ، وأمثلة يجب التقيـد بها ، بعد استبعاد الأسماء والغاء الأفعال . وهذه الأمثلة ، المختارة والمرتبة جداً ـ في الحساب وفي الجبر ، كما في القواعد النحوية ـ تصبح نماذج ومقاسات ، ولكن هذه النماذج لا تتحول اطلاقاً الى صيغ ، ان فكر الحسابي والجبري في عصر النهضة يبقى عند مستوى فكر النحوي : انه فكر نصف تحديدي : تتبع القاعـدة العامة ، ولكن التعامل يتناول حالات ـ كلمات او اعداداً ـ محددة .

ولهذا يعتبر الترميز الخاص للمجهول ، في التعابير الجبرية ، التي ادخلها «فيات » واكملها «ديكارت» مرحلة حاسمة في التاريخ ، لا تاريخ الترميز فقط بل تاريخ الفكر الجبري بالذات ، وهو يعكس الانتقال من درجة التجريد عند النحوي الى درجة التجريد عند المناطقي الخالص : من هنا بالذات يصبح الاختصار رمزاً ويرتفع المنطق العددي ، بحسب التعبير الذي اورده «فيات » ، ليصبح منطقاً خاصاً .

الفصل الثاني :
الثورة الكوبرنيكية

I ـ علم الفلك عند الإنسانيين (علم الهيئة)

علم الكونيات (كوسمولوجيا) عند نقولا دي كـوي (N. de CUES) : تحتل مؤلفات «كـوي» في الكوسمولوجيا مكانة ذات اهمية خاصة جداً . فلأول مرة ، هوجـم التصور الكلاسيكي لعالم مغلق ومرتب ومنظم ، تصور استولى عـلى فكر البشر طيلة مـا يقارب من الفي سنـة ـ وذلك لصـالح عـالم منفتح ، ان لم يكن لا متناهياً ، فانه على الأقل غير محدود وواسع الامتداد بلا حدود، عالم « مركزه في كل مكان ومحيطه ليس في أي مكان » . لقد فجر «كوي» الأكر السماوية التي تحيط بالكون وتعطيه كيانه وبنيته ، ورفـض القول بوجود مركز للعالم تحتله الأرض ـ المكان « الأدنى » يحتله الجسم الأكثر «حطة» . لقد الغى « نقولا دي كـوي» تقسيم الكون الى منطقة « ما تحت القمر » ، ومنطقة «السماء» . الكون واحد ، متنوع ومتشابه مع ذاته ، في كل مكان منه حركة وحياة . وهكذا تكون الأرض، قد ارتفعت ، بشكل ما ، في السماء ، لتحتل مكانة بين النجوم . ان الأرض ليست مأخور الكون « انها كوكب نبيل » . حسب قول «كوي» وهي بهذه الصورة لها نورها الخاص وحركتها الخاصّة .

ان اصالة وعمق تصورات « دوكت ايغنورانس Docte Ignorance » (1440) التي يعارض بها «كوي» «العلم» المغرور، علم الفلكيين والفلاسفة هما امران عجيبان . فهو ينكر بشجاعة لا نظير لها ، وجود جهـات ، وحتى وجـود امكنـة ممتـازة في الفضـاء . ويفقـد « الأعـلى » والأسفـل معنـاه الموضوعي : انهما مفهومان نسبيان تماماً . والراصد اذا وقف عند قطب الكرة السمـاوية يـرى الأرض فوقه ، في أوج السماء ، واينما وجد هذا الراصد ، في الشمس وفي أية كوكب سوف يرى العـالم يدور حوله ، وبالتالي يظن نفسه أنه يحتل مركزه . لأن الحركة بالذات ليست أبداً مطلقة ولا تُدرك إلا بالنسبة الى شيء غير متحرك

وكان تحطيم « الكون » شرطاً مسبقاً للثورة العلمية في القرن السابع عشر . من هذه الرؤية تبدو قيمة « دوكت ايغنورانس » بارزة لأنها تحقق هذا التحطيم بشكل جذري . .

ولهذا بدا كتابه المذكور ، بحكم راديكاليته القوية ، غير مقبول بالنسبة الى معـاصريـه ، وحتى

بالنسبة الى خلفائه . ولهذا ، وباستثناء « ليونارد دا فنشي » . لا نجد أي أثر لكوسمولوجية « كوي » .

وكان لا بد من انتظار مجيء جيوردانو برونو Giordano Bruno حتى «يتفتح تأثير دوكت ايغنورانس » ، وحتى يتحول العالم اللامحدود عند كوي Cues الى الكون اللامتناهي المقول به في العلم الحديث .

وبالنسبة الى علم الفلك بالذات ، لم تكن عقيدة « دوكت ايغنورانس » ، التي تنكر وجود نقط ثابتة في الكون ووجود حركات منسجمة تماماً ، والتي تنكر بالتالي ، استقرار القطبين ، والدوران الدقيق ، وحتى الدورية الصارمة للحركات السماوية ـ لم تكن هذه العقيدة منجدة على الاطلاق ، بل بالعكس ان هذه التجديدات ، عند مستوى الامكانيات النظرية ، في القرن الخامس عشر والقرن السادس عشر ـ كانت قمينة ان تجعل علم الفلك مستحيلاً تماماً . ولهذا لم يكن من المستغرب ان نرى كبار المنجمين في تلك الحقبة ، باستثناء كبلر Kepler ، لا يعطون أية اهمية لأفكار « كوي »، والحق يقال انه هو لم يكن يعي اهمية أفكاره . وبهذا يبدو في كتابه De Venatione Sapientae (1463) وكأنه قد نسي ان الكون ليس له مركز :

كتب : « اعطت الحكمة الإلهية لكل شيء طبيعته ، فلكه أو مكانه . ووضعت الأرض في الوسط ، وقررت ان تكون ثقيلة ، وان تتحرك في وسط العالم ، بحيث تبقى دائماً في المركز وان لا تتحرك لا نحو الأعلى ولا نحو الأطراف » :

وهذا لا يحكم الأرض بالجمود ، بل يتركها تتحرك وتدور في مكانها .

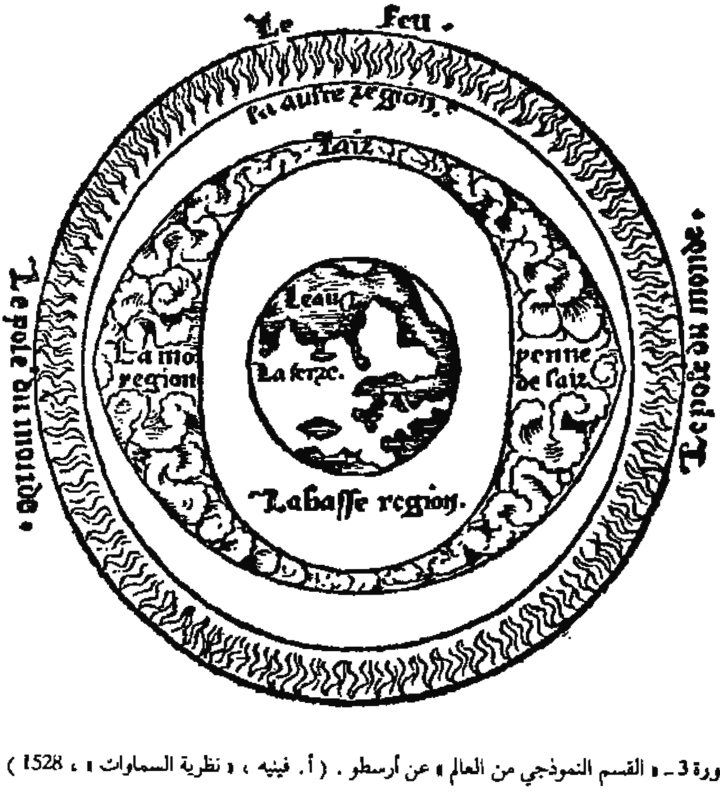
وفي مذكرة كتبها بعد عدة سنوات من سنة 1444 يقول «كوي» : « أن الأرض لا يمكن أن تكون جامدة ، ولكنها تتحرك مثل بقية الكواكب . وهي تدور تقريباً حول محاور الكون ، كما يقول فيثاغور Pythagore، مرة كل اربع وعشرين ساعة ، ولكن الكرة الثامنة تدور مرتين والشمس تدور اقل من دورتين بقليل في نهار وليلة » .

وربما يعني هذا ان الأرض تدور حول محورها خلال 24 ساعة وان الكرة الكوكبية ، تدور على نفس المحور وبنفس الاتجاه خلال 12 ساعة . وهذا يساوي بالنسبة الى المراقب الأرضي ـ الذي يظن نفسه متحركاً ـ دورة بالنسبة الى الكرة الكوكبية المذكورة في نهار وليلة . اما الشمس ، فتتأخر قليلاً عن حركة الكرة السماوية ، وهذا يفسر الفرق بين اليوم النجمي واليوم الحقيقي . هذه المذكرة البسيطة تكفي لتمنعنا من القول ان كوي Cues هو طليعة لكوبرنيك Copernic .

بورباخ Peurbach ورجيومونتانوس Regiomontanus : في القرن الخامس عشر بدا تطور علم الفلك، المرتبط بالرياضيات تماماً ، محكوماً بجهود « بورباخ » و« رجيومونتانوس » ، لكي يتصل مباشرة بالعلم الأغريقي والعربي كاعداد الترجمات أو تصحيح الترجمات الموجودة ، التي قام بها الكلاسيكيون في علم الفلك ، وبخاصة ترجمة المجسطي وتمَّ وضع « كومبانديا » لتحل محل « سفيرا Sphaera » (كرة) سااكروبوسكو Sacrobosco التي اصبح نقصها واضحاً أكثر فأكثر .

وفي مجال الترجمات ، بلغ الجهد الذروة مع نشر الصيغة القديمة للمجسطي Almageste التي وضعها جيرار دي كريمونا Gerard de Crémone (البندقية 1515) وترجمة أخرى جديدة وضعها جورج تربيزوند George de Trébizonde (البندقية 1528) . ثم أن النص الأغريقي قد نشره س غرينوس S. Grynaeus ، مع شروحات بابوس Pappus وتيون Théon ، واعيد نشره من قبل ج كاميراريوس J. Camerarius (1538) . وقام « بورباخ » بناء على نصيحة بساريون Bessarion بترجمة « المجسطي » ، مع تأليف خلاصة (ابيتوم) من عمل « بطليموس »، ثم أوكل الى رجيو مونتانوس Regiomontanus مهمة متابعة هذين العملين اللذين تركهما غير كاملين .

واذا كان « رجيومونتانوس» لم يكمل الترجمة التي بدأها « بورباخ »، فانه اكمل « الأبيتوم Epi-tome ونشرت ، بعد موته ، في البندقية سنة 1496. هذه الخلاصة « ابيتوم » هي تكملة علمية « للنظريات الجديدة في النجوم» التي وضعها « بورباخ »(نورمبورغ 1472) وهو كتاب أولي بسطت فيه النظريات حول الكواكب ، وعرضت بدون الاثباتات الموجودة ، بالمقابل ، في « الأبيتوم ». و« النظريات » التي أوجدت لتحل محل « الكرة = سفيرا Sphaera » التي وضعها ساكروبوسكو



صورة 3 ـ « القسم النموذجي من العالم » عن أرسطو . (أ. فينيه ، « نظرية السماوات » ، 1528)

Sacroboscoَ للتعليم[1] نـالت شعبية كبيـرة حتى أواخر القـرن السادس عشر ؛ وقـد اعيد طبعهـا كثيـراً ، واقتـرنت عـادة بشـروحـات ، من بينها شـرح أورونس فينيه Oronce Finé . وشكلت « النظريات » القسم الفلكي من المارغاريتا فيلوزوفيكا «Reisch» ، وترجمت الى الايطالية سنة 1556 .

في هذين الكتابين يبدو « بورباخ » بطليموسياً من الدرجة الأولى ، الا في نقطتـين : فهو بعـد العرب يضيف « الارتجاج » الى مختلف حركات الأجرام السماويـة ، التي تصورهـا الفلكي الأغريقي الكبير ، وايضاً ، وبعد العرب احلّ المدارات الثابتة محل الدوائر الرياضية الخالصة في المجـسطي ؛هذا الاحلال ـ الذي بدأ به من قبل « بطليموس » بنفسه في « فرضيات الكواكب » ـ يبدو لي ذا دلالة على رفض علم فلك مبني على الحسابات الخالصة دونما علاقة بالواقع الموضوعي ، أو ، ان شئنا ، انه رفض قبول نوع من الحقيقة المزدوجة فلسفية وعلمية ، أي الفيزياء (ومعها الكـوسمولـوجيا) التي قـال بها « ارسطو » من جهة ، وعلم الفلك الذي قال به « بطليموس » من جهة ثانية ، وقدم « بورباخ » أيضاً ملاحظات فلكية من اجلها وضع كتابه الهندسة الرباعية Quadratum geometrieun . وقـدمت اعماله واعمـال « رجيومـونتانـوس » في مجال علم المثلثـات للفلكيين ادوات حسـاب اكثر دقـة واكثر طواعية . وبفضل هذه الأدوات ، في بداية القرن 16 ، اصبح الاستيـلاء على المـاضي قد اكتمـل . وعندها وجد علم الفلك في وضع شبيه نوعاً ما بوضع الجبر. وابتداء من هذه الحقبة يبدأ تاريخ بعض نصوص « ليوناردا فينشي » التي ندرسها بسرعة .

«ليونارد » وعلم الفلك : لم يكن « ليونارد » فلكيـاً ولم يكتشف الاكتشافـات التي نسبتها اليـه احياناً التأريخية الرسمية ، رغم أنه كان واحداً من الأوائل ، ان لم يكن الأول ، في الغرب على الأقل ، الذي عرف أن النـور الرمـادي من القمر هـو انعكاس نـور الأرض. ولم يخترع هـو أيضاً كـما قيل ، المرصد . الأمر الذي لم يمنعه ، من القيام ، بدون تلسكوب ، بـاكتشاف مهم جـداً ـ ظلَّ لـلأسف مجهولاً ـ استبق به « كبلر » ، وهـو الصفة الـذاتية للهـالة التي تحيط بـالكواكب الثـابتة ، وبـالتالي ، لاحجامها المرصودة . ولكن تصورات «ليونارد » الكوسمولوجية ، وان لم تكن جاهزة على الاطلاق ، وان بقيت غير معروفة ، فهـي تحتـل مكانها الشرعي بين اكتشافات « نقولا دي كويز » وكـوبرنيـك Copernic . من الممكن ـ رغم وجود نص شهير ، ولكنه منفرد ، وشديد الغموض فلا يمكن أن تستمد منه استنتاجات مهما كان نوعها ، هو : « il sole non si muove des carnets » ان يكون « ليونارد » قد توصل الى تصور شمسي المركز للكون . وبالمقابل ، من الواضح انه ، بعد « نقـولا دي كوي » ، تخلى عن الصورة « الأرض محور الكون » ، وبحركة فكرية مزدوجة ، مقارناً القمر بالأرض ، والأرض بالقمر، وصل الى القول بارضية الأرض وكوكبية القمر . وبهذا الشأن قال ان القمر يتألف من نفس عناصر الأرض أي تراب هواء ماء ونار . وكتب «كون الأرض تشبه القمر تقريباً » يسمح باثبات «نبالة عالمنا » .

(1) ان سفيرا ساكروبوسكو Sacrobosco : (Sphaera) ظلت تستعمل . وقد أعيد طبعها عدة مرات ، مقرونة بتفسيرات علمية أكثر فأكثر .

« ليست الأرض في وسط دائرة الشمس ـ وهنا يتجلى تأثير « كوي » ـ ولا هي في وسط العالم ، بل في وسط عناصرها التي ترافقها وتتحد بها . ومن يكون على سطح القمر ، عندما يكون هذا الأخير والشمس تحتنا ، يرى أرضنا مع عنصر الماء ، تقوم بنفس الدور الذي يقوم به القمر بالنسبة الينا » .

وبدلاً من الدوران الكوني ، ساد التصور بأن « ليونارد » آمن بالحركة الإلتفافية للأرض وانه حاول الاجابة على احد الاعتراضات الكلاسيكية المناوئة لامكانية حصول هذه الحركة . ولهذا الغاية جرت الاشارة الى نصين متعلقين بحركة سهم مقذوف عامودياً ولحركة الحجر الساقط في الهواء ، في حين تكون العناصر متحركة بحركة التفافية على ذاتها ، بحيث تكتمل دورتها بخلال اربع وعشرين ساعة » .

نظام الكرات الدائرة حول ذاتها عند فراكاستورو Girolamo Fracastoro وآميسي Amici : ان جيرولامو فراكاستورو (1478 - 1553) مدين بشهرته لا لأعماله كفلكي ، بل لعمله الطبي ، وبخاصة قصيدته حول السفلس . درس في جامعة بادو مع كوبرنيك Copernic . ويمكن الظن انهما قد تحادثا فيها عن المسائل الفلكية ، وانهما اتفقا على عدم كفاية علم الفلك البطليموسي وعلى ضرورة استبداله بنظام اخر . ولكن من اجل اجراء هذا الاصلاح ، عمد « كوبرنيك » الى انجاز نظام أريستارك Aristarque وعمد فراكاستورو Fracastoro الى تحقيقه باسلوب كاليب Callipe . وكانت الفكرة الأولى في عمله : « هوموسانتريكا Homocentrica ، (البندقية 1538) المقدمة الى البابا بول Pape Paul III الذي قدم اليه « كوبرنيك » « رفوليسيونيبس اوربيوم كولستيوم Revolu - tionibus orbium coelestium » . كانت هذه الفكرة قد جاءته ، كما قال ، من جيوفاني باتيستا دلاتوري Giovanni Battista della Torre (اخي مارك انتونيو دلاتوري Marc Antonio della Torre الذي كان صديقاً ومساعداً ، في الدراسات التشريحية ، لـ «ليونارد دا فنشي » . وكان جيوفاني Giovanni هذا قد مات فتياً ، وترك له امر العناية في اكمال نظامه . واستلهم الحاجة الى تمثيل الحركات الكواكبية دون استعمال « الدوائر المتداخلة المختلفة المراكز (Exentrique) (إكسانتريك) ولا الدوائر التي مركزها في محيط دائرة كبيرة « ابيسيكل » (Epicycles) ، بل استعمل فقط حركات دائرية حول نفس المركز (دوائر وحيدة المركز) ، والرغبة في استعمال محاور هذه الكرات بشكل يجعلها تشكل زاوية قائمة الواحدة مع الأخرى . تضييق قيمته ـ المنهجية والرياضية ـ أكيدة ، ولكنه يؤدي الى مضاعفة الكرات : ويحتوي النظام منها ، في نهاية المطاف 76;77 للكواكب والقمر ، زائد كرة اضافية تحت القمر ، مختلفة عن الأخريات ، ونافرة وبالتالي مختلفة الشفافية .

هذه الكرة تفسر الاختلاف والتنوع في لمعان الكواكب اللذين يبدوان كأنهما يثبتان تغيراً في المسافة ـ وهو الاعتراض الأقوى ضد نظام الأكر الوحيدة المركز (هوموسنتريك) ـ هذا من جهة ، ومن جهة اخرى تفسر تغير مدة الكسوفات وحركة المذنبات .

وبذات الوقت الذي عاش فيه « فراكاستورو » ، وبالاستقلال عنه ، بُعِث نظام الأكر الوحيدة المركز من قبل جيوفاني باتيستا آميسي Giovanni Battista Amici الذي نشر سنة 1536 في البندقية

كتيباً عنوانه « موتوبوس كوربورم كولستيوم . . ». ان نظام « آميسي » يشبه نظام « فراكاستورو » ولكنه ـ بالرغم من انه لا يفرض على محاور الكرات الشرط بان توضع بشكل زاوية قائمة ، الواحدة بالنسبة الى الأخرى ، ـ يبدو أكثر تعقيداً . وفي حقبة من الزمن يوشك فيها ان يظهر نظام «كوبرنيك» ـ يبدو بعث الأنظمة السابقة على « بطليموس » ، غرابة تاريخية .

مبحث كالكانيني **Calcagnini** : كان يمكن لأعمال سليوكالكانيني Cèlio Calcagnini ، 1479 - 1541 ان تكون اكثر أهمية من أعمال « فراكاستورو » و « أميسي » . وفي السنة 1520 كتب « كالكانيني » بحثاً يقصد به ان يبين أن الأرض متحركة ضمن نظام ثابت .

وفي هذه المحاولة التي لم تظهر الا في سنة 1544 ، في كتابه الكبير : أوبرا اليكو Opera aliquot ، حاول «كالكانيني» الذي ربما سمع عن انجازات « كوبرنيك » والذي شهد بمكانة « نيقولا دي كوي » ، أن يثبت ان الأرض لا تدور الا دورتها اليومية حول نفسها ، وذلك لأسباب ، ليست فلكية بل فلسفية «فيزيائية. فهو يرى بهذا الشأن ان الحركة تلائم الأرض التي هي مكان عدم الكمال واذا مكان التغير ، وان احتياج الأرض الى الحركة هو أكثر من احتياج السماوات ذات الكمال وذات الطبيعة الإلهية اللذين يقتضيان ليس الثبات فقط بل الجمود أيضاً . فضلاً عن ذلك، ونظراً لأن الأرض ثقيلة ، وبذات الوقت غير مؤهلة للهبوط ، لأنها تقع في المكان الأسفل من العالم ـ في وسطه ـ، فإذا وضعت موضع الحركة فانها لا تستطيع التوقف ، وبالمقابل : فالسماوات نظراً لإفتقارها الى الوزن ، فهي غير مؤهلة للحركة .

وهذا انقلاب غريب في الديناميكية التقليدية . وهو انقلاب ذكي جداً إذ أن الجسم المفتقر الى الوزن ـ أي الهيولي لا يمكنه تلقي الدافع المحرك . ولو نشر بحث « كالكانيني » سنة 1520 ربما لعب دوراً مهماً في تاريخ الثورة ضد « ارسطو » وضد « بطليموس » ولكنه وقد نشر سنة 1544 أي بعد سنة من نشر كتاب « كوبرنيك » «الثورة في عالم الأفلاك » فقد جاء متأخراً جداً .

II ـ كوبرنيك COPERNIC

يعتبر عمل « كوبرنيك » في تاريخ الفكر الغربي محطة تاريخية حاسمة : إذ بفضل هذا العمل حصلت الثورة العلمية في القرن السابع عشر التي احلت محل الفضاء المغلق التراتبي القديم والوسيطي ، الكون المسنجم واللامتناهي الذي قال به العصريون .

ولكن الأمر الغريب هو ان الثورة الكوبرنيكية تبدو لنا بدون مقدمات وبدون اعداد . فلا «نيقولا دي كوي» (الذي ربما عرف «كوبرنيك ») ولا « ليونارد دا فنشي» (الذي لم يعرفه) ، لم يكونا طليعة « كوبرنيك » . واذا كان دوران الأرض حول محورها قد بحث بجدية قبل ذلك ، من قبل نقولا أورسم Nicole Oresme ، فإن أحداً لم يفكر ، منذ اريستارك دي ساموس Aristarque de Samos وسولوكوس Seleucus بجعل الشمس مركز الكون وإعطاء الأرض حركة مدارية .

وإذا فكتاب « كوبرنيك » « الثورة في عالم السماوات » مَدَّ لهم اليد فوق ألفي سنة من التطور التاريخي والنسيان ولكنه وقد تحصن بالتقنية الرياضية الموروثة عن « بطليموس » انجز ما عجز سابقوه القدامى عن الشعور به .

حياة « كوبرنيك »: ولد « نقولا كوبرنيك » في 19 شباط سنة 1473 في ثورن في بروسيا (بوميريليه) . وكان أبوه ، وكان يدعى « نقولا » أيضاً ، برجوازياً من كراكوفيا جاء يسكن في ثورن قبل ان تستولي بولونيا على المدينة . وكانت امه بربارا وازلرود Barbara Watzelrode من عائلة قديمة مشيخية في المنطقة . فقَد « كوبرنيك » أباه وهو في العاشرة فكفله خاله لوكاس وازلرود Lucas Watzelrode الذي اصبح فيما بعد اسقف وارمي ، هل كان « كوبرنيك » بولونياً أم المانياً ؟. كان بولونياً » . ولكني اعترف ان هذه المسألة التي اسالت الكثير من الحبر ، تبدو ناشزة وليس لها أدنى اهمية : فليس عرقه ولا تكوينه الفكري الذي لعبت فيه ايطاليا دوراً لا مثيل له واعظم من دور بولونيا ، هما اللذان يفسران عبقريته . من وجهة نظر الفكر الذي يهمنا وحده هنا، يبدو «كوبرنيك» نسيج ذاته . في سنة 1491 كان « كوبرنيك » في جامعة كراكوفيا التي تمتعت في ذلك الزمن بشهرة عظيمة وفي الواقع كانت اهم جامعة في الشرق الأوروبي اشتُهرت كمركز ثقافة علمي وانساني . ونحن تنقصنا المعلومات عن دراسة « كوبرنيك »، ولكن رغم التيقن من انه قام بدراسات معمقة في علم الفلك يبدو أنه تبع البرنامج المعتاد المتبع في كلية الفنون حول الديالكتيك والفلسفة .

ومن بين اساتذة جامعة كراكوفيا ، يشار الى البير برودزو (بروزويسكي) -Albert de Brud zewo (Brudzewski) وهو فلكي ورياضي بارز ، قام بتفسير « نظريات » « بورباخ » سنة 1482 . وكان من المشاهير ،كما أن مؤرخي « كوبرنيك » لم يغفلوا الاشارة الى ان تخصص «كوبرنيك » بالفلك كان بتأثير من بروزويسكي Brudzewski ولكن هذه الفرضية تبقى غير أكيدة .

في سنة 1496 عاش « كوبرنيك » في وارمي ، وبعدها انتقل بذات السنة الى ايطاليا ليدرس فيها الحقوق . وفي أول تشرين الأول سنة 1496 دون اسمه في سجل المواليد الألمان في جامعة بولونيا الإيطالية ، مما لا يوجب ان يكون « كوبرنيك » قد اعتبر المانيا . وامضى « كوبرنيك » ثلاث سنوات تقريباً في بولونيا الإيطالية وفيها تابع دراساته حول علم الفلك ويبدو انه كان متقدماً في هذا العلم كونه قد تتلمذ على الفلكي الشهير دومينيكو ماريانوڤارا Domenico Maria da Novara الذي شهد له . وقد درس بذات الوقت القانون والطب والفلسفة وأخذ يتعلم اليونانية .

وفي سنة 1500 ذهب الى روما حيث القى سلسلة من المحاضرات في الرياضيات (وربما في الفلك) . وفي سنة 1501 رجع الى بولونيا لكي يستلم شخصياً ولاية كانونيكا كاتدرائية فرونبورغ ؛ وقد عين فيها بفضل لوكا وتزلرود Lucas Watzelrode ولكنه بعد انتهاء التنصيب الرسمي حصل على اجازة ورجع الى ايطاليا ، الى بادو حيث درس الطب والقانون . وعلى كل أخذ شهادته في الطب في فراري في 31 أيار 1503 . وبعد تنصيبه عاد الى وارمي ليستلم اسقفيته التي بقي فيها حتى موته . وسكن اولاً في هلسبورغ بجانب خاله وتزلرود وعمل له سكرتيراً وطبيباً. ثم سكن قبيل موته في سنة

1512 في فرونبورغ واهتم بادارة املاك الكنيسة هناك والف في ذلك كتاب « مونيتا كودندا راسيوني Monetae cudendae ratione » ومارس الطب بنجاح على ما يبدو . وحصل على تريكيتروم Triquetrum (آلة للموازاة) وعلى كرة محلقة (وهي آلة فلكية قديمة مؤلفة من حلقات تمثل مواقع الدوائر الرئيسية في الفلك) وعلى مربع ، وبواسطتها قام برصوداته الفلكية التي استعمل قسماً منها في كتابه « ريفوليسيونيبوس Revolutionibus » .

وضع كتاب الثورة «ريفوليسيونيبوس **Revolutionibus**»: يبدو ان « كوبرنيك » قد تكونت لديه االفكرة الرئيسية عن نظامه بصورة باكرة . يقول في مطلع كتابه الثورة انه احتفظ بانجازه سرياً ، لا تسع سنوات فقط، كما يقول الشاعر أوراس Horace بل ستاً وثلاثين سنة . وهذا الزعم لا يمكن أن يؤخذ بحرفيته ، بالنسبة الى الكتاب بالذات . بل ربما يتعلق بالفكرة الأساسية أي بفكرة الدوران حول الشمس. وهذا ما يعود بنا الى سنة 1505 أو 1506 . والفكرة « السر » التي حفظها « كوبرنيك » لم تكن إلا نسبية . يقول بيركن ماجر L. L. Birken mager ان « كوبرنيك »بعد رجوعه من ايطاليا سنة 1512 كتب ووزع بين اصدقائه بحثاً موجزاً ومختصراً انما واضحاً جداً عن مبادئه في علم الفلك الجديد ولكنه لم ينشر هذا البحث (الذي نشر سنة 1870) ، ولم يكتفِ به فقط . فقد كان يفهم تماماً انه لا يكفي صياغة افكار جديدة، او كما اعتقد ، محاولة احياء تصورات قديمة فيثاغورية : بل لا بد من اجل النجاح ، من تقديم نظرية حول الحركات الكواكبية كاملة ومفيدة مثل نظرية «بطليموس». وهذا ما قدمه لنا كتابه « الثورات ». حيث يتضمن الكتاب الأول عرضاً عاماً لنظام الكون ، ومعه معالجة لعلم المثلثات . اما الكتاب الثاني فيحتوي على عرض حول علم الفلك الكروي مع خارطة للنجوم ، استعمل «كوبرنيك » في صنعها المعطيات القديمة وكذلك الملاحظات الحديثة ، وفيه ايضاً يعيد حساب العناصر الأساسية للحركات مثل طول السنة ، تتابع الاعتدالين ، الخ . وفي الكتاب الثالث والرابع من كتاب الثورات يعرض « كوبرنيك » النظريات بشكل مفصل عن حركات الكواكب ، الحركات الظاهرة والحقيقية للشمس والأرض والقمر والنجوم. وليس من المستغرب ان يستمر وضع هذا الكتاب على الأقل حتى سنة 1532. وربما لم ينتهِ منه الا فيما بعد.

وقد اشتغل « كوبرنيك » في كتاب « الثورات » طيلة حياته يدخل عليه التغييرات والتصحيحات التفصيلية .

حذر « كوبرنيك » وتردده : يبدو أن التفاسير (كومونتاريولوس Commentariolus) لم تكن معروفة. وعلى كل وبعد حوالي 20 سنة تقريباً وصل كتاب التفسير الى روما حيث استعمله السكرتير البابوي، جوهان ويدمانستتر Johann Widmanstetter ، ليفسر للبابا كليمان السابع Pape Clément VII، سنة 1533 مبادىء النظام الفلكي الجديد . ولم يثر أحد ، لا البابا ولا غيره في روما اعتراضات لا ضد النظرية ولا ضد المؤلف . بل بالعكس فبعد ثلاث سنوات أي 1536 قام اسقف كابو Capoue وهو احد اعضاء الخورنة الرومانية واسمه نقولا شومبرغ Nicolas Schönberg ودعا

« كوبرنيك » الى نشر اكتشافاته وطلب منه ان يعطيه على نفقته نسخة من عمله . ولكن كوبرنيك Copernic لم يعمل بنصيحة الكاردينال . ورغم ان أصدقاءه الآخرين ، وخاصة صديقه تيدمن جيز أسقف كولم ، قد الحوا عليه بان النشر واجب تجاه العلم وتجاه البشرية إلا أن « كوبرنيك » لم يقرر ذلك . فقد كان يخاف من الفضيحة ومن ردة فعل رجال الدين ، ومن الغيبة القاتلة . وهو موقف حذر جداً ولا شك ، ولكنه في محله في ذلك الزمن .

وفي سنة 1539 وصل الى فرونبورغ استاذ شاب من جامعة ويتنبرغ ، اسمه جورج ريتيكوس Georg Joachim Rheticus (1514 - 1574) وسمع اخباراً عن النظريات الجديدة التي قال بها « كوبرنيك » واراد أن يعرف كنهها . ومن المفيد أن نقول ان السلطات في وارمي لم تعارض زيارة هذا الأستاذ الملحد ، وكذلك سلطات جامعة ويتنبرغ ، وحتى لا يبقى النور مخفياً ، قام ريتيكوس Rheticus بعد عدة اشهر من وصوله بتلخيص كتاب « كوبرنيك » . وسماه «التلخيص الأول» «ناراسيو بريما Narratio Prima » ، جعله بشكل كتاب ارسله الى معلمه جوهان شونر Johann Schöner ، وطبعت هذه الرسالة في دانزغ سنة 1540 .

ونالت هذه الرسالة نجاحاً كبيراً . وطبعت طبعة ثانية سنة 1541 في بال .وأصبح العالم العلمي بعد الآن يمتلك العناصر الأولية للنظرية ، وكذلك الأسباب التي حملت « كوبرنيك » على ابقاء كتابه سرياً ، اصبحت بدون معنىً .ولهذا قرر « كوبرنيك » نشر كتابه .واعطيت المخطوطة الثمينة الى تيد من جيز Tiedemann Giese الذي نقلها الى ريتيكوس Rheticus الذي عاد في هذه الأثناء الى ويتنبرغ . وقام ريتيكوس Rheticus بطبع المخطوطة في نورمبرغ بواسطة جوانس بطرس Johannes Petreius . ويذكر« جيز » أن « كوبرنيك » رأى وهو على فراش الموت في 24 أيار سنة 1543 أول نسخة مطبوعة من كتابه .

مقدمة اوسيندر **Osiander** : ولكن ريتيكوس Rheticus لم يحسن القيام بمهمته . فقد عين سنة 1542 استاذا في جامعة ليبزغ . وترك مهمة مراجعة الطبعة لصديقه اندريا اوسيندر Andreas Osiander وهو تيولوجي لوثري مشهور ، ولكنه هرطوقي قليلاً . وقام هذا ، وكان يعرف بالتجربة الشخصية مساوىء الاضطهاد ، كما كان يخشى ردة الفعل العنيفة من قبل رجال الدين وجماعة «ارسطو» فقرر اتخاذ بعض الاحتياطات . وفي الواقع ان جرأة «كوبرنيك » قد اذهلته هو بالذات ؟ ان التصور الجديد للكون مناقض تماماً للكتاب المقدس ، وكان اوسيندر لوثرياً مؤمناً بما فيه الكفاية لكي يشك بحرفية الوحي .

ولهذا سبق ان اقترح على « كوبرنيك » سنة 1541 حلاً أنيقاً لهذه المشكلة وذلك باعتماد نظرية ظاهراتية للعلم ، فالعلم ـ وخاصة علم الفلك ـ برأي « أوسيندر » ، ليس له الا غاية واحدة وغرض واحد ، هو «انقاذ الظاهرات » ولم يكن قصده أي قصد العلم العثور على الأسباب الخفية ولا على الحركات الحقيقية للأجرام السماوية ـ لأنه عاجز عن ذلك ـ بل غايته ربط وترتيب الملاحظات بواسطة فرضيات تمكنه من الحساب ومن التنبؤ مسبقاً بالأوضاع (المرئية والظاهرة) للكواكب . وهذه

الفرضيات ، فرضيات « كوبرنيك » وغيره من الفلكيين ، يجب ان لا تدّعي انها حقيقية ، وواقعية ، بل ان تكون فقط بسيطة ، وان تكون ملائمة للحسابات . وهـذا ما شـرحه « اوسينـدر » في مقدمـة مزعومة تحت عنوان « الى القارىء ، حول فرضيات هذا الكتاب » (كتـاب ريفوليسيونيبوس De revolutionibus) . ولم يـوقع عـلى هـذه المقـدمـة ، بحيث ظلت لمدة طـويلة وكـأنها صـادرة عن « كوبرنيك » بالذات ، وظن بعض القراء ، ومن بينهم الكاردينال بلارمين Bellarmin انها تعبر عن فكر كوبرنيك . وطبعاً هذا خطأ . لأن كوبرنيك لا يشاطر « أوسيندر » وضعيته الايجابية . ان منهجيته العلمية واقعية خالصة .

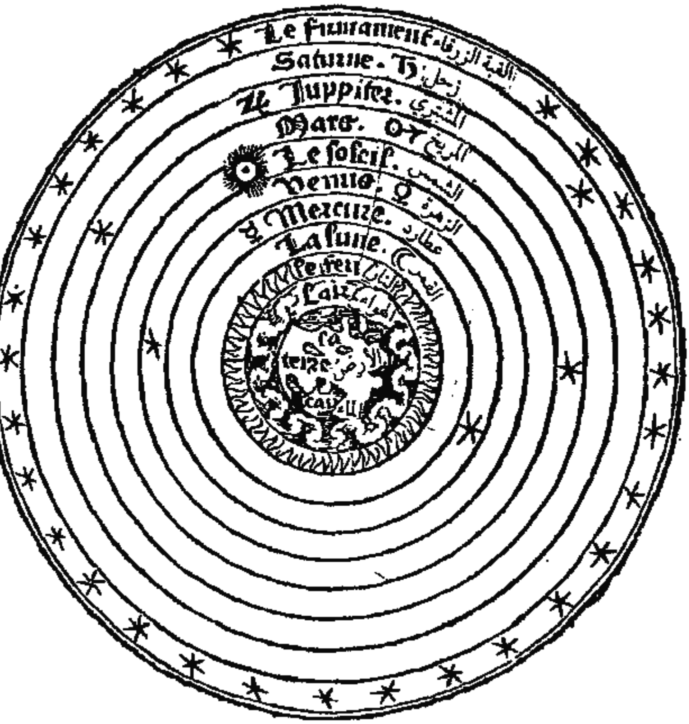
اسس النظرية الجديدة . تكوين الفكر عند « كوبرنيك » : يفسر كوبرنيك في التقديم الذي وجهه الى البابا بولس الثالث Pape Paul III ، والذي يشكل مدخلاً لكتابه ، يفسر الأسباب التي حملته على وضع نظرية جديدة حول حركات الكواكب : وملخصها الخلاف بين الرياضيين ، وتعدد وتنوع الأنظمة الفلكية وكذلك عجز هذه الأنظمة كلها عن تمثيل الحركات الظاهرة بدقة ، وبقائها امينة لمبدأ الحركة الدائرية المنسجمة والموحدة . وكـان من الواضـح أن « الريـاضيين » إمـا انهم اهملوا المبادىء الأساسية ، أو أنهم ادخلوا فرضية خاطئة في انظمتهم ومناهجهم .

وبعد ان قرأ كوبرنيك كل الكتب الفلسفية التي تعالج هيكلية الكون ، وجد عند بعض المؤلفين مثل هيسيتاس Hicetas ، وهيراقليد دوبون Heraclide du Pont ، واكفونتوس Ecphantus أنهم كانوا يؤمنون بحركـة الأرض . وهذا المثـل دفعه الى تفحص هـذه النظريـة بنفسه ، رغم استحـالتها الظاهرة . وتبين انها تقدم تفسيراً ممتازاً للظاهرات السماوية وتؤدي الى عالم كامل الانتظام . والنتيجة التي تفرض نفسها : خطأ الرياضيين انهم جعلوا الأرض محور الكون ومحور الحركات السماوية .

وكانت المعلومات الموجزة نوعاً ما التي قدمها « كـوبرنيـك » حول تـاريخ فكـرته تتيـح له ان يستخلص بعض الاشـارات التي تؤكـد وتثبت النـظريـات المـوجـودة في كتـاب كـومنتـاريـولـوس Commentariolus « التأويل » ، كما هو الحـال عند ريتيكـوس Rheticus . ويقول « كـوبرنيـك » بوضوح مآخذه على نظام « بـطـليموس » : أنه بالدرجة الأولى عاجز عن أن يبقى اميناً للمبدأ الأساسي القائل بانسجامية الحركة الدائرية للأجرام السماوية ، وانه شوّه هذا المبـدأ باختـراعه مـا يسمى بـ équants ، وبالدرجة الثانية انه اعطى صورة غير عقلانية عن الكون .

يذكر كوبرنيك بخلال مؤلفه (الكتاب الأول) وهو يعرض المصاعب الملازمة لنظريـة حركـات الزهرة وعطارد (فينوس ومركور) ، يذكر بتصور وارد عند مارتيانوس كابلا Martianus Capella . وبموجبه يدور الكوكبان المذكوران حول الشمس . ويضيف « كوبرنيك » انه اذا أراد أحد تطوير هذا التصور يتوجب عليه أن يضع الشمس في وسط حركات زحل (ساتورن) والمشتري (جوبيتار) والمريخ (مارس) ، وهكذا يعثر على التفسير الحقيقي لحركاتها . مسار غريب لأن الشمس تلعب دوراً عادياً في علم الفلك البطليموسي . فهل نجد هنا ذكراً لمسار فكره الخاص ؟

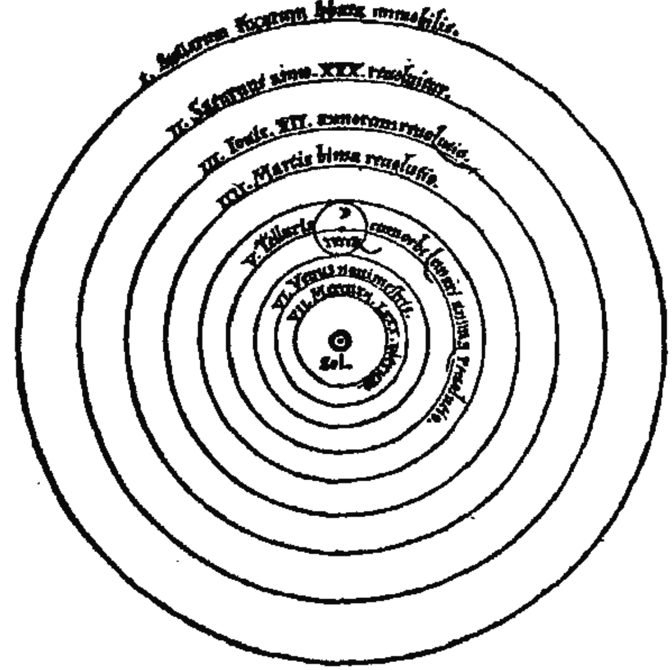
يقول ج.ج. ريتيكوس G.J. Rheticus في كتابه (نراسيوبريما Narratio Prima) ان التغيرات الكبيرة في لمعان كوكب المرّيخ عند بزوغه صباحاً قبل الشمس وفي الغسق بعد المغيب هي التي اقنعت «كوبرنيك» ان الشمس هي مركز حركات هذا الكوكب. ويبدو هذا دالاً على نفس مسار



صورة 4 ـ الكون الوسيطي : وصف « الدوائر السماوية » بحسب بطليموس،أ. فينه ، نظرية السماوات ، 1528)

الفكرة ومع ذلك لو اتبع كوبرنيك هذا التحليل الذي رسمه جان سكوت اريجينJean Scot Erigène قبله ، لكان طور نظام تيكو براهي Tycho Brahé لا نظامه هو. ولتجاوز هذه المرحلة ، ووضع الشمس في مركز الكون،ووضع الأرض بين الكواكب كان لا بد من شيء آخر ضروري ، هو بصورة خاصة الالهام الفيتاغوري العميق الذي يعتبر باعث كوبرنيك Copernic ،والذي نجد تعابير ملفتة له في كتاب نراسيو بريما Narratio Prima الذي وضعه تلميذه ريتيكوس Rheticus وبالواقع يتضمن كتاب كوبرنيك ريفوليسيونيبوس De revolutionibus نشيداً حقاً للشمس ـ التي هي عين وفكر الكون وعميده،وهي الإله المرئي بحسب فول تريسميجيست Trismegiste ، فضلا عن ذلك يبدو التحليل الذي يعطي للشمس المكانة المركزية نظراً لكمالها ـ « من في هذا المعبد الكوني يضع هذا المصباح البهي في مكان آخر أو افضل ، غير المكان الذي منه يمكن انارة كل شيء بآنٍ

واحد ؟ ـ هذا التحليل يكشف عن تحول جذري في الحساسية الهندسية التراتبية ، التي ، خلافاً للتحول الذي تقول به الأرسطية والمسيحية ، في المركز الرئيسي لا في المركز الأدنى أو الاحقر ، بل تقول برأي الفيثاغوريين انها في المقام الأجمل والأشرف .



صورة 5 ـ الكون عند كوبرنيك (ريفوليسيونيبوس . . . 1543)

تبسيط الأواليات الكواكبية : يأخذ « كوبرنيك » على علم الفلك المقبول عموماً في زمانه ، فضلاً عن نواقصه المذكورة ، يأخذ عليه تعقيداته الكبيرة . وبهذا المعنى كتب يقول : من الأفضل افتراض حركة الأرض ، وان بدا ذلك مستحيلاً ، من أن نترك الفكر يضيع او يتمزق بتعدد الدوائر والمدارات في علم الفلك القائل بمحورية الأرض . وعندما ننظر الى الرسيمة التي وضعها لعالمه نؤخذ بجمالها وبساطتها . مع ان هذا الشعور ليس صحيحاً تماماً . أن عدد الدوائر في علم الفلك البطليموسي لم يكن كبيراً كما قال « كوبرنيك » . وكوبرنيك اضطر الى القول بوجود 34 مداراً . وقد اصدر هذا القول في عرضة التمهيدي . ولكنه تخلى فيها بعد عن هذه المقارنة . وبهذا الشان ، ونظراً لأن تقنية « كوبرنيك» الرياضية مماثلة لتقنية « بطليموس » (نظراً لتخليه عن الايكوانتس (Equants) أو التوازن) أو حتى التقنية ابارك Hipparque (الكواكب لا تتحرك حول الشمس ولا القمر حول الأرض) ، وفقاً لدوائر كاملة وبسرعة موحدة ، مع هذين ، بالحاجة الى دمج الحركات الدائرية ـ الدوائر ذات المحور الواحد والمتحركات المختلفة ـ «لكي ينقذ الظاهرات»، أي لكي يجد من جديد معطيات الملاحظة . ويعتبر تحويل الحركة اليومية من الكرة السماوية الى الأرض

تقدماً ضخماً . ولكنه لا ينقص من عدد الحركات . وتحويل حركة الشمس السنويـة الى الأرض، كما اثبتها كبلر Kepler بكفاءة يربحنا دائرة بكل كوكب : الناقل بالنسبة الى الكواكب الدنيا والابيسيكل او التمحور بالنسبة الى الكواكب العلية . ولكن ترك التوازن (Equants) ، هذا العنوان المجيد بالنسبة الى علم الفلك الكوبرنيكي يدخل تعقيدات ويقتضي بالعكس من ذلك اضافة دائرة إضافية . وفيما يتعلق بالأرض اضطر « كوبرنيك » الذي يؤمن بالمدارات المادية التي تحمل الكواكب ، ان يسند الى الأرض، فضلاً عن حركتها اليومية الذاتية والحركة المدارية، حركة ثالثة تحفظ لها ثبات اتجاه محور دورانها . وبذكاء استعمل هذه الحركة الثالثة بعد جعلها ابطأ من الثانيـة (المدارية) ، ليفسر تتابع الاعتدالات . وخلافاً لكل قاعدة نجح كوبرنيك Copernic ، بشأن نظرية القمر التي لا تتأثر بالقول بمركزيـة الشمس ، نجح كـوبرنيـك Copernic في تبسيط هذه النظرية بعد تخليصها من التـوازن (Equants) (وهذا يدلنا على اتزان عبقريته الحسابية) وذلك بتخليصه نظريـة القمر هـذه وجعلها بذات الوقت اكثر قرباً من الظواهر مما كانت عليه نظرية «بطليموس» .

تنظيم الحركات الكواكبية : ولكن تفوق نـظام « كوبـرنيك » لا يقـوم فقط على انقـاص عدد الحركات السماوية والدورات المطابقة لها . إن هذا التفوق يقوم على توحيد ومنهجـة هذه الحركات : ان مدة مسار الكوكب حول الشمس تتبع أو هي رهن بالمسافة التي تفصل هذا الكوكب عن الشمس .

هذا التفوق موجود ايضاً في تفسير عدم انتظام الحركات الـظاهرة ومـا يعتريها من بطء وتوقف وتقهقر ، وركض الى الامام بفعل البعد المتأتي من حركة المراقب بـالذات . وعلى هذا الأمـر يركـز ريتيكوس Rheticus الذي يشير الى مدى التبسيط الذي تقدمه فرضيـة حركـة الأرض عند تفسـير الظاهرات السماوية . •

يقول لنا بهذا الشأن :«ترصد الكواكب كل سنة وتبدو كأنها تحركها حركة مستقيمة او متقهقرة ، فتبدو وكأنها واقفة او قريبة أو بعيدة من الأرض الخ . ان كل هذه الظاهرات ، كما يثبت ذلـك معلمي يمكن أن تفسـر بحركة منتظمة تقوم بها الأرض الكروية حول الشمس ضمن مدار يسميه معلمي المدار الأكبر. ويضيف : في الواقع هناك شيء إلـهي في الواقعة بأن فهماً اكيداً للظاهرات السماوية يجب ان يتعلق بالحركات المنتظمة والموحدة للكرة الأرضية وحدها

جمود الكرة السماوية : يبدو هجوم « كوبرنيك » على علم الفلك وعـلـم التنجيم التقليديـين مهما للغاية .فهو يبين لنا ان الانتقال من محورية الأرض الى محورية الشمس لا يقتضي احلال نظام الدوائر أو الحركات السماوية محل نظام آخر بقدر ما يقتضي الايمان بثورة فكرية اكثر عمقاً وذات مدى أبعد من الاكتفاء باصلاح سهل وبسيط لعلم الفلك . يرد «كوبرنيك »على «بطليموس»، وبصورة خـاصة عـلى « أرسطو»، بقوله انه من غير الممكن أرادة تحريك المكان من دون تحريك محتل هذا المكان ، وانه بسبب ذلك يجب أن تعتبر السماء المنجمة، التي هي مكان الكون ، كما يقول أرسطو ، يجب أن تعتبر ثابتة غير متحركة . وهذه الحجة تبدو لنا معقولة تماماً . وبالفعـل نشعر بـأنه مخـالف للعقل تـرك هذا الكـون الـواسع غـير المتناهي بـالنسبة الينا يدور حـول حبة غبـار صغيرة . نحن مقتنعـون بذلـك . ولكن

الأرسطوي (أو البطليموسي) لا يقتنع . فعالمه وان كان كبيراً نوعاً ما ـ عشرين الف شعاع ارض تقريباً ـ ليس ضخماً وهو يتعارض في توسيعه ـ اذ لا مبرر له من وجهة نظره ـ من قبل « كوبرنيك ». فهذا الأخير لكي يتفادى الاعتراض الطبيعي جداً والقائل بان على الحركة المدارية للأرض ان تظهر تغييراتٍ ظاهرية (نجوماً ثابتة) ، اضطر أن يكبر شعاع الكون (بحوالي ألفي مرة على الأقل) كما اضطر على التأكيد انه (بالنسبة الى كرة الثوابت وهي كرة يؤكد هو وجودها) ليست الأرض(كما يقول «بطليموس») بل المدار الأرضي « المدار الكبير » « هو كالنقطة»، وهذا تحليل لا يستطيعه الأرسطي أن يرى فيه إلا ادعاء مبدئياً ، أما نحن ، فبالعكس ، لا نستطيع ألا نعجب بهذه « النزعةالقوية نحو الحقيقة » والتي تتأجج في عقله .

دوران الأرض ـ جواب على اعتراضات التقليديين : ثم ان التقليدي يشعر بوجود تعارض اساسي وكمي ، بين الأرض ، الثقيلة الجامدة والأجرام السماوية التي لا وزن لها : فلتحريك الأولى لا بد من محرك خارجي مادي ذي قوة هائلة. أما حركات الأخيرة فهي بالعكس ، نتيجة لكمالها ، أي لطبيعتها بالذات . الا ان « كوبرنيك » لا يشعر بشيء من هذا ، فالأرض في نظره لا تتعارض من حيث نوعيتها مع بقية الكواكب : بل هي واحدة منها . وما يصلح لهذه يصلح للأرض . ويرد كوبرنيك على الاعتراض الفيزيائي بأن دوران الأرض يجب ان يولد قوة ضخمة ، خارجة من المركز (سانتريفوج) من شأنها ان تحطم الأرض الى شظايا ، بان نفس الإعتراض يمكن ان يثار ضد حركة السماوات ، خصوصاً وان سرعة حركتها اعظم بكثير من سرعة حركة الأرض.

وقد اثار علم الفلك البطليموسي وكذلك فيزياء « ارسطو » ، اثباتاً لجماد الأرض في مركز الكون ، الحجة بان الأجسام الثقيلة تهبط كلها نحو « الأسفل » أي نحو هذا المركز ، وانه هنا ، بالتأكيد مقرها الطبيعي . يرد كوبرنيك : هذا غلط. ان الأجسام الثقيلةلا تنزع نحو وسط العالم. فالثقل ليس الا النزوع الطبيعي لأجزاء كل ، فصلت عن هذا الكل ، لكي تعود اليه . ولهذا فالأوزان الأرضية ، لا تسعى اطلاقا للاقتراب من « مركز العالم » لتستريح فيه ، بل تكتفي فقط بالنزوع نحو «كلها» أي الأرض. ويكون الأمر كذلك ، فيما خص هذه الأجزاء المفصولة عن القمر وغيره من الكواكب. انها تنزع نحوها ، لا نحو مركز الكون . وهكذا يتبين ان الفضاء الكوبرنيكي ليس ابداً الفضاء المختلف فيزيائياً ، فضاء « ارسطو » لا شك أنه يبقى محدوداً ومغلقاً ضمن قبة السماء. ولكنه داخل هذه القبة مهندس ومحكوم .

يقول كوبرنيك : « ولكن ماذا نقول عن الغيوم وغيرها من الأشياء العائمة في الهواء، وكذلك الأشياء التي تهبط، أو بالعكس تنزع نحو الأعلى »؟ وذلك في مجال الرد على الاعتراض القديم على حركة الأرض، القائل بأنه : اذا كانت الأرض تتحرك،فان الحجارة المقذوفة في الهواء (أو المقذوفة من اعلى برج) لا تقع أبداً في المكان المقصود من قبل الرامي (او عند اسفل البرج) ، بل تظل متأخرة ،

كما « تبقى متأخرة أيضاً » الطيور ، والغيوم والهواء ذاته ، الذي يشكل ، بهذا ، عاصفة رهيبة تصفر باستمرار دائم من الشرق نحو الغرب ؟

يرد كوبرنيك بكل بساطة : لما كانت هذه الأشياء أرضية ، فإنها والطيور والسحب والهواء وحتى النار تشارك في حركة الأرض وتنجر وراءها . من جراء هذا « فالأشياء التي تقع وترتفع » تقوم بحركة مختلطة بالنسبة الى الكون ومؤلفه من مستقيم ومن دائري ، يبدو لنا ، نحن ، مستقيماً .

أهمية الحركة الدائرية المنسجمة : «وكوبرنيك » الذي يبدو وكأنه قد استلهم «نقولا دي كوي »، يعتقد بأن الشكل الكروي - وهو الأكمل هندسياً وان كل الأجسام الطبيعية تفتش عنه بسبب هذا الكمال بالذات - ليس هو الأكثر اهلية للحركة فقط - وهذا ما يسلم به الجميع - بل أنه سبب كافٍ لها ، وانه يولد بالطبع الحركة الأكمل والأكثر طبيعية أي الحركة الدائرية .

نحن نفهم الآن لماذا اعتبر « كوبرنيك » مبدأ الحركة الدائرية المنسجمة كأساس لكل الحركة السماوية : انه الوسيلة الوحيدة لجعل الألة الكونية تتحرك . فالجسم المستدير مثل المدار الكوني اذا وضع في الفضاء فسوف يدور على نفسه دونما حاجة لمحرك يجعله مستمراً في الدوران ولا هو بحاجة الى مركز فيزيائي مثل المركز الذي لم يستطع «أرسطو» الاستغناء عنه .ولهذا لا يوجد مثل هذا المركز في علم الفلك الكوبرنيكي .

مركز الشمس ودورها : اذا كان « كوبرنيك » يضع الشمس في وسط الكون فهو لا يضعها في مركز الحركات السماوية . ان مراكز الاجرام السماوية ليست داخل الشمس بل حولها . واذا كان عالم كوبرنيك شمسي المركز فان علم الفلك عنده ليس كذلك مباشرة . فحركات الكواكب لا تتعلق بالشمس بل تتعلق في مركز مدار الأرض الذي هو خارج المركز بالنسبة الى الشمس Excentrique وهذا المركز في المدار الأرضي يدور بنفسه حول الشمس - وبصورة أدق أنه موضوع على مدار صغير Epicycle هو مركزه - ولكن حركته بطيئة جداً - فالمدار يدور خلال 3434 سنة اما مركزه Déférent فيدور خلال 53000 سنة بحيث لا يظهر في الحساب عملياً . وينتج عن ذلك مفارقة هي ان الشمس في ميكانيك كوبرنيك تلعب دوراً ضعيفاً جداً . ان وظيفتها الرئيسية هي شيء آخر : فهي تنير الكون وتعطيه النور وهذه وظيفة مهمة جداً تفسر وتؤمن المكانة التي تحتلها الشمس في العالم . انها الأولى من حيث الشأن وهي المركز من حيث الموقع .

كون « كوبرنيك »: لم يكن كوبرنيك «عصرياً». وكونه ليس الفضاء اللامتناهي كما يقول علم الفيزياء الكلاسيكي ان كونه له حدود مثل كون « ارسطو ». انه أكبر بكثير ، كبير الى درجة انه لا يقاس. ولكنه له نهاية ومحدود بكرة النجوم الثابتة . والشمس في مركزها . وحول الشمس تقوم المدارات التي تدعم وتحمل الكواكب ، مدارات حقيقية مثل الكرات البلورية في علم الكون الوسيطي. وتدور المدارات بسبب شكلها وتحمل معها الأجرام التائهة المثبتة داخلها مثل الجواهر في عقدها ، منسجمة في حركاتها مع قوانين الميكانيك السماوي المتحرر من الأخطاء التي أدخلها « بطليموس » .

وشيء عجيب ولكنه كثير الوقوع في التاريخ خرجت الثورة من الإصلاح ، والحركة المتقدمة خرجت من الرغبة بالرجوع الى الوراء . من ذلك أن المعاصرين لكوبرنيك أوّلوا كتبه هكذا : عودة الفيثاغورية على يد « بطليموس » جديد .

III ـ انتشار أفكار كوبرنيك

يعبر عمل « كوبرنيك » عن رؤية كونية كما يعبر عن فكر علمي . وهذا ما يفسر ، الى حد ما بطء انتشار الكوبرنيكية .

إذا كانت معرفة نظام « كوبرنيك » قد انتشرت ببطء ، واذا كانت فائدة كتبه قد ظلت حية ناشطة الى درجة انها دفعت في سنة 1566 الى اعادة طبع كتابه « رفوليسيونيبوس De Revolutionibus» مع كتاب«ريتيكوس نراسيو بريما Narratio Prima de Rheticus» كملحق . فقد اختلف الأمر بالنسبة الى تبنيه ـ فقد أثار الإعجاب ـ خلافاً لتوقعاته ـ وقد أُخذت عنه عدة أساليب في الحساب . وقد قرن اسمه غالباً بالقاب مثل « بطليموس » الثاني . ولكنه قلما أتبع . فضلاً عن ذلك ومن بين الذين اتبعوه يجب ان نفرق بين الذين يرتضون الكوبرنيكية كتقنية رياضية جديدة وعالية ، اعلى من تقنية بطليموس ، ويستخدمونها لبناء الجداول ولحساب الرزنامات اليومية ، وبين الذين يرتضون مركزية الشمس كمعبر عن حقيقة فيزيائية في الكون ، وكذلك الذين يضعون على نفس المستوى فرضية فلكية كوبرنيك وفرضية بطليموس .

المانيا والبلدان المنخفضة وايطاليا : من بين الذين يؤمنون بحقيقة الكوبرنيكية نذكر في المانيا ريتيكوس Rheticus ، وكريستوف روثمان christoph Rothmann الذي كان فلكي الأمير غيليوم الرابع Guillaume IV امير هسكاسل . وميشال ماستلين Michael Mästlin معلم كبلر Kepler الذي نشر في سنة 1596 كتابه اسرار الكون . ثم ان ريتيكوس Rheticus في اواخر حياته وضع بعد ان استلهم باراسلس Paracelse مشروع كتاب عن علم الفلك الألماني ، ولم يوضح طبيعته . في حين ان اراسم رنهولد Erasmus Reinhlod مؤلف الجداول الشهيرة : « تابولا بروتينيكا Tabulae Prutenicae 1551» التي وضعت لتصحيح النتائج العملية عند « كوبرنيك » ، وضع تفسيراً لكتاب كوبرنيك ريفولوسيونيبوس (الذي ظل غير مكتمل وغير مطبوع) ، دون ان يقبل حقيقته الفيزيائية رغم انه مجد كوبرنيك بلقب «الأطلس الثاني»، كما انه لم يعط بياناً نظرياً عن نظامه في كتابه « الجداول » . وامتدح اراسم أوزولد شريكن فوش Erasmus Oswald Schreckenfuchs وهو ناشر بطليموس» ، كوبرنيك كثيراً ، وقال بإمكانية تبرير حركة الأرض الى حد ما . وهو أقرب أن يكون محبذاً لكوبرنيك . ونضيف أيضاً الى مؤيديه كريستيان أورستيسن Christian Wursteisen (أورأستيتيوس من بال) الذي ، حسب ما روى غاليليه Galilée ، اعطى في ايطاليا محاضرات عن كوبرنيك . (إلاّ أن غاليلي يجعلها في روستوك) .

وفي البلدان المنخفضة هناك جيما فريزيوس Gemma Frisius محبذ لا يرى بطلان حركة الأرض . ولكنه اقل اهتماماً بصحة النظرية الجديدة من اهتمامه بالجداول ، لأنها أكثر دقة من الجداول الموجودة ، رغم ان النظرية هي قاعدة تنظيم الجداول . وفي ايطاليا رفض بندتي Benedetti التصور الأرسطي للكون وتكلم عن كوبرنيك Copernic باعجاب ولكنه لم يفهم عقيدة كوبرنيك ولا يمكن ان يعتبر من انصاره حقاً . اما جوردان برونو Giordano Bruno فهو مناصر مقتنع . انه الكوبرنيكي الايطالي الوحيد قبل « غاليلي ». رغم ان نشاطه الفلسفي والأدبي لم تكن ايطاليا مسرحه بل فرنسا وانكلترا والمانيا .

انكلترا : في انكلترا اشار روبرت ريكورد Robert Recorde في كتابه قلعة المعرفة ، لندن 1556 الى نظرية كوبرنيك باعجاب واعتبره كباعث للأفكار الفيثاغورية ولأفكار اريستارك Aristarque من ساموس ولكنه لا يشير الى صحة نظريته بشيء .

وبالمقابل نشر جون فيلد John Feild روزنامة ظهرت في نفس السنة وحسبت بحسب قواعد «كوبرنيك» ورينهولد الحقيقية بصراحة خالصة .. وبالمقابل اكتفى جون دي في مقدمته للروزنامة ، بحذر ، بموقف رينهولد Rheinhold . ومع ذلك وبعد سنتين تكلم دي Dee نفسه في كتاب له بروبيديماتا أفوريستيكا Propaedeumata aphoristica . . . (1558 لندن) عن الحركة السريعة للقبة السماوية وعن حركة الشمس .

وبالمقابل كان توماس دغجز Thomas Digges كوبرنيكياً حقيقياً . فمنذ 1573 وفي مقدمة كتابه آلاسي سكالا ماتيماتيكا Alae seu scalae mathematicae ، وهو كتاب مخصص لدراسة مستنعر «نوفا Nova » 1572 التي يضعها في السماء فوق القمر وأعلن دغجز خطأ نظام «بطليموس». وفي سنة 1576 في كتاب برفيت دسكريبشن أوف ... Perfit Description of the الذي ضمه الى اعادة طبعة بروغنوستيكاسيون Prognostication ، وكان وضعه والده ليونارد دغجز Leonard Digges ذهب « توماس دغجز » الى أبعد من ذلك . ففي «الوصف» دسكريبشن الذي يعتبر تاريخاً مهماً في تاريخ الفكر البشري لم يكتف توماس دغجز بترجمة بعض صفحات ريفوليسيونيبوس بل أعطى عرضاً « ممتازا » للنظام الكوبرنيكي الفلكي بل وايضا ، تجاوز « كوبرنيك » ، وانكر وجود كرة الثوابت . واعلن ان المدار التي توجد فيه الكواكب على مسافات مختلفة من الشمس يمتد الى اللانهاية في الأعالي . لا شك أنه يماهي ايضاً هذا المدار اللامتناهي مع مملكة السماوات ، ويجعله مأهولاً بالقديسين والملائكة . ورغم هذا فانه يعتبر الأول قبل برينو Bruno ، في التأكيد على لانهائية الكون الشمسي وانه فجر القبة السماوية التي تحيط بالكون وتحده . و«دغجز» هذا هو الأول الذي تجرأ على انكار أية قيمة للاعتراض الكلاسيكي على حركة الأرض وعلى ذريعة الحجر المقذوف من اعالي البرج . واكد أن هذه التجربة لا يمكن ان تثبت شيئاً لأن الحجر المتروك من اعلى سارية سفينة وهي تسير يقع عند أسفل السارية .

هل ان دسكريبشن Description الذي وضعه « دغج » كان غير معروف عند الانكليز ؟ ربما

كان وليم جلبرت William Gilbert قد قرأه . فقد انكر هذا الأخير ، بقوة اكثر من« دغجز » وجود الكرات السماوية وقال بلا نهائية الفضاء والكواكب التي تعمُره وبالمقابل ، وفي كتابه المسمى ماغنيت De magnete 1600، أكد على الدوران اليومي للأرض وفسره بفعل القوى المغناطيسية ،ولكنه قد اغفل مناقشة الحركة المدارية . ويبدو « جيلبرت » هذا مثل باتريزي Patrizi وارسوز Ursus وغيرهما نصف كوبرنيكي .

فرنسا : الأمر الغريب ان فرنسا لم تعرف أي كوبرنيكي حق : ان بونتوس دي تيّار Pontus de Tyard ، وجون بينا Jean Péna وجاك بلتيه Jacques Peletier . لا يخفون تقديرهم للعقيدة الجديدة ولكنهم لا يؤيدونها علناً . اما بيار راموس Pierre Ramus الذي يفترض بعدائيته للأرسطية ان تحمله على تأييد « كوبرنيك » ، فهو يرفض في الواقع علم الفلك الجديد ، باعتباره مثل القديم مثقلاً بالفرضيات الفيزيائية والميتافيزيائية . وهو يريد علم فلك مبنياً على الحساب الخالص، محرراً من كل رابط بالكوسمولوجية أو حتى من ميكانيك سماوي شبيه ، بحسب رأيه بنموذج علم الفلك القديم الكلداني والمصري . لا شك أن كوبرنيك هو فلكي جدير بالاعجاب وقد رفض النظريات القديمة المبنية على وحدة مركز الدوائر وعلى الدوائر ضمن الدائرة الكبرى وخارجها ، واعاد احياء الفرضيات المدهشة التي تفسر الظاهرات بحركة الأرض لا بحركة الكواكب . ولكن للأسف يقول « راموس » ان كوبرنيك لم يرفض كل الفرضيات ، إذ كان من الأسهل عليه أن يضع علم فلك يتوافق مع المواقع الحقيقية للكواكب ، من « ان يحرك الأرض كعملاق » . ولهذا كان يأمل بوضع نظام فلك جديد قائم على الملاحظات وعلى المنطق والرياضيات مع رفض كل افكار القدماء . وزعم « كبلر » انه فعل ذلك : الم يرفض كل الفرضيات بما فيها فرضية الحركة الدائرية التي احتفظ بها « كوبرنيك » ؟

بطء الانتشار : رأينا ان الكوبرنيكيين كانوا قلائل في القرن السادس عشر ولكن الشروحات حول نظرية كوبرنيك كانت أقل بكثير . ومن الناحية العملية ، واذا استثنينا نراسيوبريما لريتيكوس Narratio Prima de G.J. Rheticus فان الشروحات لا وجود لها. وبهذا الشأن لم يقم المعجبون ، وحتى المحبّذون لكوبرنيك،ولا ارستيتيوس Urstitius ولا ماستلين Mästlin ولا شريكن فوش Schrecken Fuchs الذين وضعوا تأويلات لسفيراسا كروبوسكو Sphaera de Sacrobosco أو لتيوريكا نوفا لبورباخ Theoricae novae de Peurbach ، جميع هؤلاء لم يلخصوا الكوبرينكية ، ولا أيضاً روثمان Rothmann ، أن تيكوبراهي Tycho Brahé هو الذي نشر سنة 1596 ، في كتابه ايبستولاروم استرونومكياروم ليبر Epistolarum astronomicarum liber الكتب والرسائل الذي ارسلها اليه « روثمن » دفاعاً عن « كوبرنيك » ضد هجمات الفلكي الدانمركي . أما « ريتيكوس »، وان اصدر سنة 1550 الروزنامات الكوبرنيكية الصريحة ، فلم ينشر ناراسيو سيكوندا Narratio Secunda الذي اشار اليه في كتابه «بريما»والذي لم يجعله صدور ريفوليسيونيبوس ، وهو كتاب صعب مثل كتاب « المجسطي » ، عديم الفائدة على الأطلاق . ويبدو فضلاً عن ذلك انه اهمل بصورة تدريجية علم الفلك وخصص كل طاقته لوضع علم للمثلثات الذي احتل فيه ريتيكوس Rheticus مكانة مشرفة جداً الى جانب الدانمركي توماس فنكي Thomas Fincke (جيوماتريا روتندي 1583

Geometrica rotundi) . وكان في الواقع الأول في معالجة الوظائف الستّ التريغو نومترية بصورة منهجية . وقد تضمن كتابه اوبوس بالأتينوم دي تريونجولوس opus palatinum de triangulis (نوستاد 1596) والذي اكمله تلميذه فالنتين أوتو Valentin Otho ونشره بدلاً منه ، وهو كتاب ضخم (نصف قطع) ، تضمن جداول عن هذه الوظائف ، محسوبة من عشر ثوانٍ إلى عشر ثوانٍ والشعاع اعتبر مساوياً 10^{10} ثم 10^{15} .

العقبات الرئيسية : هذا الانعدام الكامل للكتب التي تعرض لنظرية « كوبرنيك » يثير العجب ، ويُفسر جزئياً من دون شك ، بالخوف ، الذي يعترف به شريكن فوش Schrecken Fuchs بشرف : الخوف من معارضة سلطة « ارسطو » والوحي . وايضاً يجب التوضيح ، وعدم المبالغة في أهمية التعارض بين القول بمركزية الشمس Héliocentrisme والمعتقد الديني .

وبهذا الشأن يبدو أن الكنيسة الكاثوليكية لم تدرك خطر الكوبرنيكية ، قبل ان يتولى جيوردانو برونو Giordano Bruno ـ الذي جعل لا نهائياً كون كوبرنيك بحيث غيّر بنيته كليةً ـ استخراج نتائجه الكامنة . ويبدو ان «كالفيوس» كان ، أول كاثوليكي قال ، بوجه « كوبرنيك » ، ليس فقط باستحالة نظريته فيزيائياً ، بل بكونها تتعارض مع العديد من المقاطع في « الكتابات المقدسة » (Commentarii in sphaerans تأويل حول الكرة . . . روما 1570) ، الأمر الذي لم يمنعه ، رغم ذلك ، من امتداح كوبرنيك كفلكي بارع ، مع رفضه « للجداول البروسية» لرينهولد Reinhold كأساس لاصلاح الروزنامة . وبالمقابل ، نشر رجل دين اسباني ، هو ديغو زونيغا Diego de Zûñiga سنة 1584 «تفسيراً لسفر أيوب» ، حاول فيه اثبات ان «التوراة» لا يتعارض مع «المفاهيم الفيثاغورية السائدة في عصرنا والتي جددها كوبرنيك » .

وبدت الكنائس البروتستانتية اكثر بعد نظر ، فتصرفت في الحال . فقام « لوثر ، Luther » ، قبل نشر دي ريفوليسونيبوس ، ثم لحقه « ميلانكتون Melanchthon » ، ينا ديان بالحكم على العقيدة الجديدة بأنها تعارض « الكتاب » ، وأقام العالمان البروتستانتيان بوسرPeucer سنة 1551 وتيودوريك Théodoric سنة 1564 ، بوجهها الحجج الفيزيائية ثم حجية « التوراة » «La Bible» وقد فعل تيكو براهي «Tycho Brahé» مثلهم كما نعلم .

ولكن المعارضة الدينية ، التي لعبت الدور الرئيسي لم تصدر عن البروتستانت . فقد جاءت الحجة : «مخالفة للكتاب المقدس » Ex auetoritate seripturae sanctae تنضاف الى الحجج الفيزيائية وتؤكدها . ولكن هذه الحجج ، كانت ، في اساسها ، قوية بذاتها لتدحض القول بأحقيّة دوران الأرض . الى هذه الصعوبات اشار أنصار الكوبرنيكية : فهذه النظرية لا تتعارض فقط مع الحس السليم ، بل مع تراث فلسفي مستقر ومتماسك ، تدخل فيه الكوبرنيكية كجسم غريب فضلاً عن ذلك ان الكوبرنيكية تتعارض مع تراث جامعي وتربوي ، وتبدو امام فكر من القرن السادس عشر ، مشوبة بصعوبات قصوى . فقد افترض بهذا الشأن كل من شريكن فوش Schreck en fuchs وماستلين Mästlin وأيضاً ستيفن Stevin ، وهو مؤلف أول معالجة علمية للكوبرنيكية

(راجع ايبومنيماتاماتياتيكا) بعد معالجة كبلر Kepler ، قال هؤلاء جميعاً بأن المفهوم والأساليب الكوبرنيكية هي أصعب من مفاهيم واساليب التراث ، وليست اسهل منها كما يبدو لنا ذلك . واكثر من ذلك ، وليس اقله انها تشير الى شيء - هو دوران الأرض - يتعارض مع الحس السليم ويقتضي من الطلاب جهداً تجريدياً هم غير مؤهلين له ، واكثر من ذلك ايضاً ان تفسير الظاهرات على انها مجرد مظاهر تحدثها تشابكات الحركات الكوكبية مع حركة الأرض، ان هذا التفسير هو أكثر تعقيداً من التفسير الذي يقدمه علم الفلك القائل بمحورية الأرض (جيو سونتريسم) . واعتبر هؤلاء ايضاً أن علم الفلك الكوبرنيكي لا يمكن أن يدرَّس إلا في نهاية الدراسات. ولهذا استمر الكوبرنيكيون في تعليم علم الفلك البطليموسي ، بوعي تام وكامل ، كما فعل ذلك ايضاً « غاليليه » في بادو . ولكن الوضع تغير في القرن السابع عشر بفضل الاكتشافات المرصدية وبفضل نشوء فيزياء جديدة وتراجع الأرسطية . وكل ذلك جعل الحجج التقليدية واهية . ولكن العامل الديني هو الذي اصبح ضاغطاً ، وتغير الوضع : وقامت الكنيسة الكاثوليكية تعارض بشدة وعنف معارضة عقيمة . اما الكنائس البروتستانتية فتساهلت - ربما لعجزها - وتركت غيرها يتصرف . وفي القرن السادس عشر كانت المعارضة الجامعية والفلسفية هي السائدة : فقد كان من المقبول تماماً أن يستعمل التقني اساليب الحساب الجديدة ، ولكن كان من غير المقبول تعليم نظرية غير معقولة على اساس انها صحيحة .

اصلاح الروزنامة : عرف النصف الثاني من القرن السادس عشر تحقيق اصلاح مهم هو وضع روزنامة جديدة ، هي الروزنامة الغريغورية ، والتي ما تزال حتى اليوم معتمدة في العالم كله تقريباً . وكان الهدف من هذا الاصلاح ايجاد التوافق بين الروزنامة المدنية الكهنوتية وبين المعطيات الفلكية التي فرضت نفسها : وخاصة من اجل حساب تاريخ عيد الفصح الذي به تتعلق كل الأعياد الأخرى المتحركة في السنة الطقوسية . والروزنامة الجوليانية التي اعتمدتها الكنيسة في مجمع نيسة سنة 325 ترتكز على سنة مدارية استوائية مدتها 365 يوماً وربع اليوم : من هنا الحقبة الرباعية السنين ، وقوامها 3 سنوات كل سنة فيها 365 يوماً ثم سنة كبيسية رابعة 366 يوماً . الا أن السنة المدارية الحقيقية هي فعلاً 365 يوماً و5 ساعات و48 دقيقة و46 ثانية . وهذا الفرق البالغ 11 دقيقة و 14 ثانية بالسنة يتوافق مع خطأ مقداره يوم واحد كل مئة وثمانٍ وعشرين سنة : وهكذا فان التعادل الربيعي الذي كان في أيام «يوليوس قيصر»يقع في 25آذار، قد تراجع عند انعقاد مجمع نيسة حتى تاريخ 21آذار. وفي القرن الثامن لم يشر بيد المحترم Bède Le Vénérable الى تقدم ثلاثة أيام بالنسبة الى التاريخ المعتمد من قبل مجمع نيسة. وفي القرن الثالث عشر قدر ساكروبوسكو Sacrobosco في كتابه السنة الحقيقية (آني راسيوني Anni Ratione) ، ان السنة يجب ان تقصر . وكذلك روجر باكون Roger Bacon في كتابه تعديل الروزنامة (ريفورماسيوني كالانداري De reformatione Calendarii) ، اقترح على البابا كليمان الرابع Pape Clément IV قرار الواقع الفلكي . ولكن اقتراحه لم يلاق استجابة عند البابا .

ومع تقدم علم الفلك وتزايد الفرق اصبحت المسألة مطروحة . في بيزنطة في القرن الرابع عشر

درس ماتيـو بلاستارس Matthieu Blastarès حساب تاريخ عيد الفصح واعتبر نقفور غيريغوراس ان الاصلاح اصبح محتوما . ولكن الامبـراطور انـدرونيكوس Andronicos رفض الاقتـراح لأسباب سياسية . وفي الغرب طلب بيار دالي Pierre d'Ailly في سنة 1414 من مجمع كونستانس ومن البابا يوحنا 23 Pape Jean XXIII ، ان يتخذ التدابير اللازمة . وبعد ذلك بقليل تدخل «نقولا دي كوي» بـذات المعنى . واستدعى البابا سيكست الرابع Pape Sixte IV الى رومـا ريجيـو مـونتـانـوس Regiomontanus وذلك في سنة 1476 ، فقام هذا الأخير باعداد الاصلاح ولكن المشروع توقف بموت الفلكي الكبير . وفي القرن السادس عشر طرح الموضوع من جديد في مؤتمر لاتران Latran سنة 1512 وكتب فيه الكثير ولكنه لم يتحقق . واخيراً ، وفي سنـة 1582 أمر غـريغوار الثـالث عشر Grégoire XIII بأن تعتمد الكنيسة الكاثوليكية نظاماً جديداً في الحساب سمي الرزنامة الغـريغورية أو المنهاج الجديد . ويرتكز على نظام وضعه الطبيب الفلكي النـابولي لـويجي ليلو Luigi Lilio . ولكن هذا الـطبـيـب مـات قـبـل اعتـمـاد حـسـابـه بصـورة رسـمـيـة . واسـنـدت المـهـمـة في إكـمال المشروع إلى كـلافـيـوس Clavius ، لـكـي يـقـوم بـالحـسـابـات الـعـديـدة الـتي جُمـعـت في مجـلـد ضـخـم تحـت عـنـوان : رومـاني كـالانـدري غـريـغـوريـو 13 ب . م . . . Romani Calendarii a Gregorio XIII P. M.... . . . (رومـا 1603, 680 صفحـة نصفية) . ولتصحيح الخطأ المنهجي في الروزنامة الجوليانية ، أُلغيت ثلاث سنوات كبيسية كل اربع مئة سنة (أي السنوات التي يكون الفها عدداً صحيحاً من المئات غير القابلة للقسمة على أربعة) . وكان تصحيح تقدم السنة المدنية على السنة الفلكية بذاته سهل التحقيق . اذ يكفي الغاء عشرة أيام . وتأكد غريغوار الثالث عشر Grégoire XIII من موافقة حكومات البلدان الكاثوليكية واصدر مرسوماً في آذار سنة 1582 يقضي بأن اليوم الذي يلي عيد سان فرنسوا Saint François ، أي 4 تشرين الأول سنة 1582 ، سوف يعتبر اليوم 15 من ذات الشهر .

ولكـن الصعوبة الأكبر كانت تكمن في ايجاد اساس ثابت لاحتساب الفصح ، وهذا يتطلب دمجاً للمعطيات الكواكبية الشمسية والقمرية . وبالفعل ، وبحسب قرارات مؤتمر نيسه كان الاحتفال بعيد الفصح في يوم الأحد الذي يلي اكتمال القمر . وهذا يقع في يوم تعادل الليل والنهار أو في اليوم الذي يليه مباشرة . بشرط أن يحدد يوم الفصح بيوم الأحد التالي اذا كان تمام القمر يقع يوم أحد ، وبشرط أن لا يتطابق اليوم المختار مع عيد الفصح اليهودي .

واحل ليليـو Lilio من اجل هذا الحسابات المنفذة بواسطة الأيـام الذهبية (المؤسسة على دورة ميتون Méton)، وذلك بحساب عمر القمر في أول كانون الثاني من السنة . وتميز هذا النظام المعقد والكيفي ـ لأن اكتمال القمر قد يختلف بيوم او يومين عن اكتماله الحقيقي أقول تميز هذا النظام بأنه يتيح تحديد تاريخ عيد الفصح بما يتلاءم مع الشروط التي وضعها مؤتمر نيسه . وقد قبل اخيراً بعد ادخال بعض التعديلات الشكلية عليه من قبـل كل الكنـائس المسيحية في الغـرب . واعتمدت الـروزنـامـة الغريغورية كل من ايطاليا واسبانيا والبرتغال ، وذلـك بالتـاريخ المحـدد من قبل رومـا . اما فـرنسا

فاعتمدته في شهر كانون الأول سنة 1582 واعتمدته المانيا الكاثوليكية في السنة التالية . أما البلدان البروتستانتية من المانيا فظلت تعارض قبول الروزنامة البابوية طيلة اكثر من قرن ولم تعتمدهاالا سنة 1700 . أما بريطانيا فظلت حتى سنة 1750 وفي سنة 1752 اصبحت الروزنامة الغريغورية شرعية في انكلترا . وفي 2 أيلول 1752 اضيف 14 الى التاريخ . واغتنمت المناسبة لنقل بداية السنة من 25 آذار الى أول كانون الثاني . أما الكنيسة الأورثوذوكسية فقد رفضت التجديد الروماني .

وفي سنة 1923 ادخل النظام الجديد الى روسيا بصورة نهائية .

العالم اللامتناهي عند جوردانو برونو Giordano Bruno : لم يكن جوردانو برونو (1548 - 1600) فلكياً ولا فيزيائياً ولا رياضياً . ولكن في تلك الحقبة كان علم الفلك مرتبطاً بعلم الفيزياء والإثنان مرتبطين بعلم الكوسمولوجيا أي علم الكون .

ولكن بنوع من الالهام العبقري السابق لاكتشافات « غاليليه » الرصدية ، ومتجاوزاً« الى حد بعيد تصورات امثال «دغجز» و « بنيدتي »، ادرك « برونو » لا نهائية علم الفلك الجديد الأساسية . وواجه الرؤية الوسيطية لكونٍ منتظم ونهائي - رؤية وان تكن معدلة ظلت تسيطر على فكر شخص مثل « كوبرنيك » وحتى « كبلر » - تصوره الذاتي لكون لا نهائي ضخم وغير قابل للعد مقطون بعدد لا نهائي من العوالم الشبيهة بعالمنا («في لا نهائية الكون والعالم»1584 . ثم «لا عددية ولا امكانية تصور ضخامة الكون»1591) . هذه الرؤية ، اضافة الى الانتقاد العنيف للأرسطية التي سوف ينشرها في أوروبا بحماس الرسول ، هي التي سوف تكلف « برونو » حياته[1] .

ومنذ 1584 ، أي بعد كتابه سنيادولا سينيري Cena de le ceneri قدم لنا « برونو » عرضاً ودفاعاً عن نظام الفلك الكوبرنيكي . عرض ممتاز رغم بعض الأخطاء ودفاع اغنى به أفكار معلمه وحولها ، مستخدماً بشكل ذكي جداً افكاراً قدمتها الفيزياء الدافعة . يقول «برونو»: ان الحجج الكلاسيكية ضد حركة الأرض وحركة الرياح والغيم والطيور لا تصلح لأن الهواء يحيط بالأرض (واذا تحركت هذه انجر الهواء بحركتها) . اما برهان الحجر المتروك من اعلى برج او المقذوف عامودياً في الهواءفهو محلول بنفس الأسلوب. وهذا البرهان الشهير لا قيمة له لأنه يهمل كون التجربة تحصل على الأرض : وكل الأشياء التي تحصل على الأرض تتحرك معها وتتحرك بالنسبة الى الأرض بنفس الأسلوب كما لو كانت الأرض جامدة . وبالعكس من « كوبرنيك » الذي يميز بين حركة الأرض الطبيعية والحركات العنيفة التي تحدث للأشياء فوقها ، يرى « برونو » ان هذه الحركات جميعاً متشابهة . ولهذا لا يتذرع بفكرة طبيعية دوران الأرض بل بالمشابهة القائمة بين حركة الأرض وحركة سفينة تنساب على سطح الماء . ان حركة السفينة العامة لا تؤثر في حركة الأشياء الموجودة على ظهر السفينة . وكذلك الأمر بشأن حركة الأرض : والظاهرات التي يُتَذَرّع بها لا تحدث إلا إذا تدخل

(1) أوقف من قبل محاكم التفتيش سنة 1592 وظل في السجن 8 سنوات . وبعدها أحرقت الكنيسة في روما برونو بعد ان اخرجته من الدين وذلك في 17 شباط 1600

المختبر بنفسه في حركتها . ويجيب « برونو » على الاعتراض الأساسي ضد هذه الحركة القائمة على فكرة الثقل النوعي والخفة وعلى الأماكن الطبيعية وعلى الحركات الطبيعية وهي مفاهيم تشكل الأساس في فيزياء « ارسطو » ، على هذا الاعتراض يجيب « برونو » ان الثقل النوعي او الخفة لا تنطبق على الأجسام الطبيعية المتكونة بصورة طبيعية اي اذا اخذت بذاتها ، كما لا تنطبق على الكرات الكاملة . . مثل الأرض والنجوم . . ان الثقل النوعي ليس الا ميل الأجزاء للإلتقاء في مكان واحد . ولكن برونو تجاوز كوبرنيك وتذرع « بافلاطون » ففسر ، كما فعل « بيندتي » ، بأن الثقل والخفة هما أوصاف نسبية .

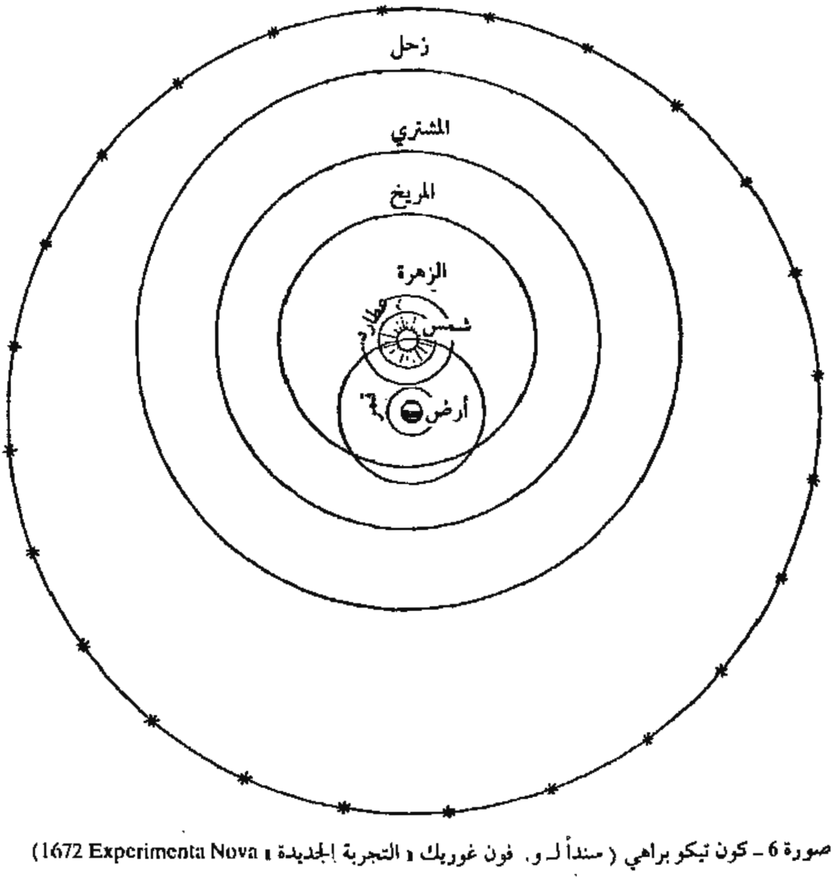
اما الأمكنة الطبيعية فلا وجود لها هي ايضاً . اذ في عالم « برونو » أو بصورة أدق في كونه ـ لأن العالم ليس الا آلة مثل نظامنا الشمسي ، شبيهة بما لا يحصى من العوالم من ذات النوع ـ أقل مما هو في كون « نقولا دي كوي » ، الذي ينطلق بخط مستقيم رغم عدم كونه غير محدود ولكنه لا نهائي من الناحية الوضعية ، فلا يمكن أن يكون هناك امكنة خاصة مميزة ، ولا اتجاهات محددة بذاتها . والأعلى والأسفل ليسا إلا مفهومين نسبيين . أما مفهوم وسط العالم فلا معنى له . لأن هذا المركز موجود في كل مكان لأنه غير موجود في أي مكان . ولهذا فسكان الكواكب الأخرى ، لهم نفس الحقوق التي لنا في ان يعتبروا انفسهم في المركز . كثيراً أو قليلاً . اذ في كون « برونو » ، ليست الأرض هي التي تشبه الكواكب بل الشمس بالذات التي تخسر مكانها ودورها المميز . فهي ليست الا مركز « آلتنا » ، كوكباً بين الكواكب الكثيرة . التي هي شموس تشبه شموسنا .

ونقف مذهولين امام جرأة وأصالة فكر برونو ، الذي يضع اللامحدودية الفكرية ضد محدودية العقل الأرسطي ، والذي يجري تحولاً ثورياً في الصورة التقليدية للعالم وللحقيقة الفيزيائية . لا نهائية الكون ، وحدة الطبيعة ، هندسة الفضاء ووراءهما نسبية الحركة : ان الكون الوسيطي لم يعد له وجود . حتى ليمكن القول انه قد انفجر وزال في الفضاء ، جاراً معه الفيزياء الأرسطية وتاركاً المكان حراً أمام العلم الجديد ، علم «غاليليه» و« ديكارت » و « نيوتن » ، علم لم يستطع « برونو » للأسف أن يؤسسه .

IV ـ تيكو براهي TYCHO BRAHE

معارضة تيكو براهي Tycho Brahé لنظام كوبرنيك Copernic : تبدو لنا الحجج التي ادلى بها « برونو » ضد خصوم الكوبرنيكية من الأرسطيين مقنعة لأننا نقبل الكوسمولوجيا اللانهائية والأنتولوجيا (علم الكائن) الفضائية حيث تستمد هذه البراهين افضل قوتها . ولكن هنا بالضبط يكمن السبب الذي جعلها ، في عصرها غير معتبرة من احد : لا من «تيكو براهي » الذي عارض الكوبرنيكي « روثمان » بالحجج التقليدية بعد ان البسها لباس العصرية . ولا من « كبلر » الذي دافع عن « كوبرنيك » ضد « تيكوبراهي » ، مدليا بوجه الفلكي الدانمركي بالحجج الجديدة التي ليس ايٌ منها برونوياً . ذلك انه ، بالنسبة الى معاصري برونو ، بدت رؤيته للكون اللامتناهي اعتباطية ، بدون اساس في المعطيات الفلكية ، وبالتالي اقل قبولاً من نظام كوبرنيك وقد زُعمت انها اتت لنجدته

وتدلنا حالة تيكو براهي على قوة العقبات التي كان على علم الفلك الجديد ان يتخطاها ، وتعرفنا بأن الشرط الأساسي والمسبق لقبولها بشكل عام هو تشكيل فيزياء جديدة، واحدة لعالم الأرض ولعالم السماوات . واذا كان « كبلر » لم ينجح في انجاز هذا التوحيد بين الفيزياء الأرضية والفيزياء السماوية، الا انه فهم ضرورته . وغياب مثل هذه الفيزياء يوجد المبرر « لتيكو براهي » . لقد كان يحتج دائماً ضد تفسير نظامه ، (الذي يقوم على جعل الكواكب تدور حول الشمس والشمس حول الأرض ـ وهذا ، من وجهة النظر الرياضية ، لا من وجهة النظر الفيزيائية ، واحد تماماً) بأنه منبثق من نظام « كوبرنيك» ؛ كما كان يؤكد دائماً أن تصوره قد تكوّن بصورة مباشرة انطلاقاً من المعطيات القابلة للرصد .



(صورة 6 ـ كون تيكو براهي (مسنداً لـ و. فون غوريك « التجربة الجديدة » Experimenta Nova 1672)

ورغم ذلك يبقى أن «تيكو براهي» قد وضع نظامه بعد ان اطلع على عمل « كوبرنيك » ـ الذي طرح تصوراً اعتبره ممكناً ـ وبعد أن تقبل انتقاد « بطليموس » من قبل هذا الأخير .

كان « تيكو » يقبل حتماً بنظام « كوبرنيك » لو أنه لم يُمْنَعْ من ذلك بصعوبات بدت له لا تذلل . ومن بين هذه الصعوبات كان التعارض بين هذا النظام والتوراة. ولكن العامل الحاسم الذي منع «تيكو براهي»، من تبني الكوبرنيكية ، هو استحالة العثور على مسار الثوابت رغم صحة الملاحظات واستحالة قبول حركة الأرض . وهذا ما تجلى بوضوح من مناظرته مع «روثمان ».

لم يكتف «تيكو براهي» بايراد البراهين الكلاسيكية ضد «روثمان »: بل عَصْرَنَ النقاش وذلك باللجوء الى اختراع شاع يومئذ وهو المدفع . ولذلك أكـد، ان مساواة المدايات الحاصلة بعد القذف بنفس المدفع وبنفس الشروط نحو الشرق ونحو الغرب هي حجة حاسمة ضد فرضية دوران الأرض. ومن وجهة نظر الفيزياء القديمة وحتى من وجهة نظر ديناميك الدفع ، هذا الديناميك الذي تبناه « برونو» ، بدت حجج « تيكو » صالحة ، ولهذا كان على حق بان يقول لنا ان حركة الأرض مستحيلة القبول طالما ان احداً ، وبحجج جديدة ودامغة، لم يقدم على اثبات أن الحركة العنيفة لا تُعَاقُ ولا تضايق ابداً بالحركات الطبيعية التي هي السقوط ودوران الأرض، وبقول اخر طالما لم يتقرر بعد علم فيزياء جديد مرتكز على تصور جديد للحركة . اما براهين « تيكوبراهي » فقد عالجها طويلاً «كبلر» و«غاليله»: . ولكن هذا الأخير وحده استطاع ان يدحضها.

الأهمية التاريخية لنظام «تيكو براهي»: ان معارضة تيكو براهي للثورة الكوبرنيكية يجب ان لا تنسينا المكان الذي احتله نظامه في وجدان عصره ، ولا أهمية اعماله من اجل تطوير علم الفلك لاحقاً. إذ بالنسبة الى علماء الفلك من النصف الأول من القرن السابع عشر بدا نظام تيكو براهي ، الذي دمج محاسن نظام « كوبرنيك » و « بطليموس » ، بدا وكأنه نظام ثالث للعالم ـ حتى ان باسكال Pascal ، في مقطع مشهور، يقول انه من الصعب اختيار واحد من الثلاثة ، ـ واحد هذه الأنظمة يتفوق في كثير من النواحي على النظامين الأخرين ، لأنه يجمع بين امانة التجربة والحس السليم عند الثاني ، وبين الأناقة في الأول . ومن جهة اخرى ان اعمال « تيكوبراهي » هي التي اجهزت نهائياً على الكوسمولوجيا التقليدية وذلك بزعزعة الثقة في عقيدة جمود السماوات ، وذلك بعد القضاء على المدارات الثابتة الجامدة التي قال بها « بورباخ » و« كوبرنيك »، واخيراً بعد ان اوجد من العدم علماً فلكياً مبنياً على الرصد والملاحظة، معطياته دقيقة للغاية لم تعرف من قبل. كل ذلك حمل « كيبلر » على وضع علم فلك جديد وليس فقط كوسمولوجيا جديدة.

الأرصاد الأولى عند « تيكوبراهي». تصحيح الجداول : كان تيكو براهي 1546 - 1601 سليل عائلة نبيلة من الدانمارك، بعيدة كل البعد عن أي اهتمام علمي . فقد كانت النبالة الدانماركية احدى اغنى النبالات في أوروبا ولكنها كانت من اجهلها،ولكن تيكوبراهي منذ طفولته أولع بعلم الفلك . وكانت تحمسه فكرة ان هذا العلم يتيح التنبؤ بحركات الكواكب السماوية ، ودرس بشكل لا يكل ، في جامعة كوبنهاغن حيث دخل وعمره ثلاث عشرة سنة ،ثم درس في ليبزيغ وروستوك وبال فيما بعد. وكان يقضي الليالي الطوال برصد السماء. وفي سن السابعة عشر اي في سنة 1563 سجل أول رصد له : وهو رصد التقاء زحل مع المشتري . ولاحظ بهذه المناسبة عدم صحة الجداول التي كان

بتناول علم الفلك في ذلك الحين . وبالواقع ان هذا العيب كان معروفاً من الجميع .وقد حاول برنارد ولتر Bernhard Walther ثم ريجيومونتانوس Regiomontanus تلافي هذا الخطأ بواسطة رصود جديدة . وقام بهذا المشروع بعدهما رينهولد Reinhold الذي نشر جداوله البروسية الشهيرة سنة 1551 . ومن أجل تحسين هذه الجداول الجديدة بنى الأمير غليوم الرابع Guillaume IV امير هسكاسل ، في 1561 مرصداً وقام بنفسه اولاً ثم بعد سنة 1577 ، بمساعدة « كريستوفر روثمان » والرياضي الساعاتي السويسري جوست بورجي Jost Bürgi ، بسلسلة كبيرة من الرصود بقصد تحديد موقع النجوم الثوابت وكذلك رصد وتحديد حركات الكواكب. وقد نشر سنليوس Snellius هذه الأرصاد سنة 1618 .

وتوصل « تيكو » من جهته الى القناعة بوجوب وضع جداول جديدة بدلاً من تصحيح الجداول المنتشرة . ومن اجل ذلك يجب اصلاح الأساليب الرصدية بالذات . وقد اعتبر « كوبرنيك » ان المعدات المستعملة يومئذ تعطي اخطاء هامشها عشر دقائق ، وهو هدف لا يمكن تحقيقه أو تجاوزه. اما « تيكوبراهي » فقد فكر بالثواني لا بالدقائق. ولهذا بدأ عمله ببناء اجهزة رصد لم يحلم بها انسان قبله : واول هذه الأجهزة كان المربع الكبير لقياس ارتفاع الكواكب ، وكان شعاعه 19 قدم .وبنى المرصد في أوغسبورغ حيث بقي من سنة 1569 الى سنة 1570 ، وذلك بمساعدة مهندس في المدينة. ومن اجل تحديد المسافات في الزوايا بنى سداسياً شعاعه 5 اقدام ونصف . ومن اجل تدوين نتائج ملاحظاته بنى كرة كبيرة قطرها 5 اقدام . وهذا يدل تماماً على أنه بعد ذلك التاريخ صمم على اعادة صنع خارطة السماء.

كوكب « النوفا Nova » لسنة 1572 و« مذنب » سنة 1577 . وتأثيرهما على تشكيل نظام « تيكوبراهي » : كانت اعمال تيكوبراهي الأولى، بعد ان عاد سنة 1570 الى الدانمارك ، منصبة على (نوفا 1572 وعلى المذنب الكبير في سنة 1577) .

وظهور هذا الكوكب « النوفا » التي تجاوزت سمعته سمعة سيريوس Sirius وحتى الزهرة Vénus، أثر تأثيراً عميقاً في معاصريه . وكان من الواجب التحديد اولاً هل هي حقاً كوكب ، الأمر الذي يعارض المعتقد حول لافسادية السماء ، أو هي فقط مجرد مذنب أي أنها ظاهرة تنتمي - كما كان الاعتقاد سائداً يومئذ - ، الى عالم ما فوق القمر.

وظلت « نوفا » مرئية ظاهرة حتى سنة 1574 . ولكن منذ 1573 اثبت «تيكوبراهي» أن الكوكب الجديد بما أنه ليس له أي مدار ملحوظ فيجب أن يوضع في موضع وراء كرة زحل ، وعلى مسافة من الأرض تعادل على الأقل 13000 مرة نصف قطر الأرض. وكان«تيكو» يرى أن شعاع كرة ساتورن (زحل) يساوي 12300 وشعاع الثوابت 14000. إذا فإن نوفا هي كوكب حقاً وظهورها، إبداع جديد ، يعارض بديهية ثبات وعدم تغير السماوات . وقد أورد « تيكو » ذلك كله في كتابه : « دي نوفا ستلا De Nova Stella» الذي نشره في كوبنهاغ سنة 1573 . ثم زيد عليه واعيد طبعه في كتابه :

آسترونوميا . . . بعد وفاته ، 1603 . والأهم من ذلك كان ظهور المذنب الكبير سنة 1577 . ليس لأنه احدث على المعاصرين تأثيراً كبيراً ، وكان أساس ادب كبير كواكبي ، بل لأنه كان أول مذنب رصد بشكل منهجي وجدي ، خاصة من قبل « تيكو براهي » وماستلين Mästlin اللذين اقرّا ، كل من جهته ان مدار المذنب كان صغيراً جداً ، وانه ، من جراء ذلك ، فهو موجود خارج كرة القمر بل وأيضاً خارج كرة (الزهرة). ان الطبيعة فوق القمرية أو السماوية للمذنبات ـ وهي عنصر جديد في التغيير الداخل على السماوات ـ لم تُستقبل بدون ممانعة ومقاومة . والعجيب في الأمر ان « غاليليه » كان من بين الخصوم . ثم ان تيكو Tycho وجد ان مسارات مختلف المذنبات التي امكنه رصدها كانت تتقاطع وتمر في المدارات الكوكبية . الأمر الذي حمله على الشك في الوجود الحق لهذه المدارات ، وحمله اخيراً على انكار هذا الوجود جملة . لا شك ان هذا لم يكن بالأمر الجديد : فالرشديون وتبعهم بونتوس دي تيار Pontus de Tyard وبينا Péna أكدوا بان دوائر الفلك «البطليموسي لم تكن الا بناءات رياضية . وعلى كل كان معظم الفلكيين ـ والفلاسفة ـ يؤمنون بالكرات الجامدة.. ولهذا فتحطيم هذه الكرات من قبل تيكوبراهي Tycho Brahé يعتبر تاريخاً مهماً

اما فيما خص تيكوبراهي Tycho Brahé بالذات ، فتدمير الكرات مكنه ، اثناء رسمه خطة عالمه الذي تتحرك فيه الأجسام السماوية بحرية في الفضاء ، ان لا يخصص مناطق لكل كوكب من هذه الكواكب بل تركها يجتاز بعضها فضاء بعضها الآخر ، مما يحد من حجمها . ان كون « تيكوبراهي » هو اصغر الأكوان . انه اصغر من كون « كوبرنيك »، بل أكثر من ذلك أنه اصغر حجماً من كون « بطليموس » بمرتين . حتى ليمكن القول ان كرة العالم ضاقت قبل ان تنفجر .

ولم يدون «تيكو براهي» اكتشافاته حول مذنب سنة 1577 الا في سنة 1588 وذلك في كتابه المسمى : ديمندي . . ...De Mundi aetherei الذي احتوى ، فضلاً عن ذلك مراجعة انتقادية لأهم النشرات المتعلقة بهذا المذنب كما وضع رسيمة صغيرة لنظامه الكوني الذي يقول هو فيه انه وجده «بالإلهام » سنة 1583 .

هذا التأخير تسبب له بازعاج مفاده ان نقولا ريمرز Nicolas Reymers المسمى ارسوس Ursus (بار Bär) الذي زاره لعدة سنوات خلت ، يقدم نظاماً للكون (فوندمونتون استرونوميكوم Fundamentum astronomicum) ، ستراسبورغ 1588) ، في هذا النظام اعتقد «تيكو» انه تعرف على نظامه محرفاً قليلاً . فقد جعل «ارسوس» الكواكب تدور حول الشمس والشمس تدور حول الأرض . ولكنه يعزو الى الأرض حركة دائرية . واتهمه تيكو Tycho بالسرقة والتزوير . في هذه الأثناء أصبح ارسوس Ursus مستشاراً رياضياً امبراطورياً ، فرد بمقالة هجومية عنيفة جداً اتهم فيها «تيكو» بأنه سرق ابولونيوس Apollonius (الذي كان نظامه قد عرض من قبل كوبرنيك Copernic) ومن قبله بالذات (دي استرونوميسيس ايبوتزبوس De astronomicis hypothesibus ، براغ 1597) .

مرصد أورانيبورغ **Uraniborg** : ان التأخير في نشر كتاب ماندي De mundi aetherei يفسره ان فردريك الثاني Frédéric II ملك الدانمرك عرض على « تيكوبراهي » بناء على ايحاء من

« غليوم الرابع » امير هس كاسل عرضاً ملكياً حقاً ، وذلك في سنة 1576 ، وهذا العرض : اعطاء جزيرة هفين مع كل ايراداتها ، ومقاطعات أخرى ، مع معاش تقاعدي وتحمل كل نفقات بناء مرصد وشراء معدات ضرورية لتجهيزه الخ . واستعمل « تيكوبراهي » كل السنوات التي تلت لبناء قصره في اورانيبورغ كمسكن له ولعائلته ومساعديه وكمرصد ومختبر كيميائي كما انشغل ايضاً بصنع وتركيب الأجهزة ووضع برامج المراقبة المنهجية للسماء . ولم يفكر في النشر الا بعد عدة سنوات فأنشأ لهذه الغاية مطبعة خاصة سنة 1584 .

والمعدات التي استعملها « تيكوبراهي » والتي وصفها في كتابه استرونوميا انستوراتا ميكانيكا Astronomiae instauratae mechanica (واندسبك 1598) ـ كثيرة ، كما الحق بها بعد الانتهاء من « اورانيبورغ » ملحقاً آخر اسماه ستيرينبورغ Stierneborg مع غرف للمراقبة تحت الأرض حتى يحمي الآلات من حركات الفضاء . هذه المعدات تشكلا كُلًا رائعاً من الكرات المسلحة بعد ان بسطها واكملها «تيكو»، ومن المربعات والمسدسات المثبتة فوق احجار أو فوق الخشب . وكان لديه نوع من المزولة لقياس الأبعاد مثبتة فوق مسند كروي اضافة الى مربع حائطي مثبت لمراقبة مرور الكواكب في خط الهاجرة .

قيمة رصود تيكو براهي: يقوم مركز تيكو براهي الكبير لا على دقة وكمال رصوده الشخصية فقط بل على طبيعتها المنهجية الثابتة . وبالفعل فقد فهم مع قليل من الأوائل ان الرصود المتقطعة مهما كانت دقيقة لا تكفي ، إذ من الواجب رصد السماء والكواكب بشكل مستمر ، ليلة ليلة . وكان يعتقد أنه بعد اعادة رسم خارطة السماء وبعد جمع عدد من الملاحظات كافٍ حول الكواكب يمكن القيام بوضع نظرية حول حركات الكواكب . ومن الناحية العملية خصص العشرين سنة التي قضاها في هفين في الرصد . ثم ان جدولة الكواكبي يشكل قسماً من كتاب تابولا رودولفينا Tabulae Rudolphinae الذي أصدره « كبلر » سنة 1627 .

وفي اليوميات الرصدية التي وضعها « تيكو » وجد « كبلر » المعطيات ـ التناقضات العشرة في المريخ (مارس) التي أتاحت له أن يحل مشكلة حركتها وبالتالي اصلاح علم الفلك .

وبلغت رصود « تيكو » مبلغاً عظيماً من الدقة لا يمكن تجاوزه بالعين المجردة . فهي لم تحسن الا بعد مئة سنة من قبل فلامستيد Flamsteed ، الذي استعمل تلسكوبات قوية نسبياً . وحدد « تيكو » مواقع تسعة كواكب رئيسية في خارطته السماوية مع خطأ اقل من دقيقة وهو خطأ يعود الى المعرفة الناقصة بالانعكاس الفضائي . وكان تقديره لطول السنة الاستوائية لا يختلف عن الحقيقة الا بثانية واحدة . أما تتابع الاعتدالين فقد وجد له قيمة واحد وخمسين ثانية . وفضلاً عن ذلك خلص علم الفلك من الظن الخاطىء عن الارتجاج واعطى لفلك البروج ميلاً مقداره 23 دقيقة 31 ثانية ، ووضع اقصى طول الشمس على مسافة 95 درجة و30 ثانية من نقطة الاعتدال الربيعي ، وان اعطى لهذه النقطة حركة سنوية صغيرة جداً 45 ثانية بدلاً من 61 فان خطأه اذا قيس باخطاء سابقيه وخاصة

« كوبرنيك » الذي قدر هذه الحركة بأربع وعشرين ثانية يكون قد انقص الفرق بما يعادل الثلثين .

كان «تيكو براهي» راصداً مدهشاً ولم يكن منظراً عالي المستوى ،.واذا كان قد حسن نظرية القمر ، حين وجد في حركة القمر شذوذين جديدين هما التغير والتساوي السنوي والتعادل فانه لم يصنع شيئاً بشأن حركات الكواكب وخروجها . فضلاً عن ذلك كان مولعاً على ما يبدو بالرغبة في اعطاء العالم الأحجام الأصغر الممكنة ولذلك صغر بصورة منهجية المسافات والأحجام في الاجرام السماوية . كما اتهم كوبرنيك بانه وضع الشمس بعيدة جداً عن الأرض وانه جعلها كبيرة جداً .

الغضب على «تيكو براهي» وابعاده، ثم أعماله الأخيرة : يبدو أن تيكوبراهي كان شخصية ممجوجةادارياً فاشلاً. فقد كان دائماً بحاجة الى المال ؛ وكان يصرف كثيراً ويستدين . وطيلة حياة الملك فردريك الثاني Frédéric IIكانت الأمور تسوى. ولكن الوضع تغير سنة 1588 عند مجيء كريستيان الرابع Christian IV . كان مستشارو الملك يدفعون الديون الكبيرة لتيكو ولكنهم كانوا يمنعونه من العودة الى الاستدانة . وكان تيكو يتخلص احياناً بفضل ثروته الكبيرة الموروثة . بل انه اسس مصنعاً للورق وطبع في سنة 1596 رسائله العلمية ولكن الأمور ساءت بصورة تدريجية . فقد نزعت منه ممتلكاته واحدة واحدة . وفي سنة 1597 حرم من المعاش الذي منحه اياه « فردريك الثاني ».

وضمن هذه الظروف قرر « تيكو » ان يهجر اورانيبورغ وان يذهب الى كوبنهاغن . ومنها ذهب الى المانيا ثم روستوك اولاً ثم الى واندسبك حيث قضى سنة . وهناك طبع كتابه المدهش استرونوميا ميكانيكا Astronmiae instauratae mechanica سنة 1598(حجم نصفي) .ووزعت نسخ هذا الكتاب على العظماء يومئذ الذين من شأنهم الاهتمام بمصير علم الفلك وبمصير «تيكوبراهي » .

وضم تيكو الى النسخة المخصصة للامبراطور « رودولف الثاني » جدولاً مخطوطاً يعين مواقع الف نجمة . منها 777 نجمة مدروسة والباقية اضيفت على عجل .

وفي سنة 1598 أعلمه « رودولف الثاني » عن استعداده لتعيينه رياضياً ملكياً وان يضع تحت تصرفه كل ما يلزمه . وكانت اقامته في بوهاميا ناشطة متعبة نوعاً ما . ولكن الأمور سويت بصورة تدريجية . وفي سنة 1601 ضعف مجموع العمل عند تيكو بفعل ذهاب مساعده لونغومونتانوس Lon-gomonta nus . ولكنه عاد الى نشاطه باستلحاق « كبلر » فعاد الى مزاولة العمل .

واعيد طبع استرونوميا . الذي ظهر في سنة1602في براغ مع جدول بـ777 كوكباً وضعه «تيكو براهي » . وبدأ بوضع تابولا رودولفينا Tabulae Rudolphinae التي اسند القسم الأصعب فيها وهو دراسة حركات مارس (المريخ) الى «كبلر» . .

وبدأ المستقبل مشرقاً ولكن تيكو Tycho مات في 24 تسرين الأول سنة 1606. فأمر « رودولف الثاني » بأن يجرى له مأتم فخم وكلف «كبلر» بمتابعة عمله .

كان كبلر Kepler يعتقد بأن لقاءه مع «تيكو براهي» هو نعمة إلهية خاصة. وان نحن فكرنا بنتائج هذا اللقاء : ولادة علم الفلك الجديد ، وفكرنا ايضاً بالتأخير الذي كان يمكن ان يحصل في

تطور الفكر العلمي لاعطينا كبلر Kepler الحق ولـرأينا فعـل الارادة الألهية يتجـلى ايضاً في مـوت « تيكو ». لقد أكمل « تيكو » عمله ؛ وجمع ونقل الى « كبلر » المعدات والمواد التي تسمح لهذا الأخير أن يُحلَ الفيزياء السماوية محل علم الحركة الكوكبية التي كان «تيكو » آخر ممثل لها واصفاهم . وبعـد هذا لَم يكن امامه الا ان يتوارى . ومعه زالت الاسترونوميا الحركية .

الفصل الثالث :
الفيزياء

I ـ الفيزياء في القرن الخامس عشر

لا يرتدي تاريخ الفيزياء ، في المئة وخمسين سنة التي فصلت نقولا دي كوي Nicolas de Cues عن سيمـون ستيفن Simon Stevin ، الصفة المأسوية التي ارتدتها الرياضيات او علم الفلك . فالفيزياء هي مجال تتوزع الجهود فيه وتتقطع ، سعياً وراء غاية معينة . والثورة العلمية التي نراها ، بصورة مرتدة اليوم ، تتحضر خلال تلك الفترة ، سوف لن تحدث الا متأخرة أي في القرن السابع عشر ، متأخرة عن علم الفلك الكوبرنيكي الذي يعتبر بالنسبة اليها تمهيداً في السماء ، والذي يقتضي انقلاباً أكثر عمقاً في الفكر ، واعادة نظر أكثر أصالة في الأسس المسلمات والأُطر التصورية كما في الثورة الجبرية أو الفلكية .

فضلاً عن ذلك ان اعادة الاتصال بالأعمال الكبرى القديمة لم يكن له الا مفاعيل جيدة . فالأقدمون ، باستثناء أرخميدس Archimède الذي قدم نموذجاً ثبوتياً ؛ لم يقدموا نموذجاً لصنع علم صحيح أي رياضيات للطبيعة : يمكن لهيرون وفيتروف Héron et Vitruve ان يلهما التطبيقيين ، ولكنهما لم يقدّما شيئاً ضخماً للمنظرين باستثناء نظرية الفراغ . في حين ان فيزياء ارسطو Aristote المستكملة بفيزياء المسائل الميكانيكية ، بدت كبناء نظري حسن التوازن ، ومنسجم بعمق مع الحس السليم ومع تجارب الحياة اليومية ، ويمكن أن تقدم اساساً متيناً للتحليلات العقلية ولنشاط الممارس العملي . ولهذا كانت مغامرة الفيزياء في الحقبة التي ندرسها ، محكومة بمحك العمل الأرسطي وبنظريته العامة حول الحركة . وهو ما يشكل بالنسبة الينا علم الميكانيك .

لا شك أن ميكانيك ارسطو كان يشكو من نقطة ضعف : هي تفسير حركة المتحركات المنفصلة عن محركاتها بفعل الهواء المجاور ؛ هذا التفسير لم يكن واقعياً . ولكن نظرية الدفع ـ التي افتتحها جان فيلوبون Jean Philopon ، وطورها في القرون الوسطى بصورة خاصة «الإسميون» الباريسيون ـ بدت وكأنها تفسر هذه الوقائع تفسيراً أفضل ، يمكن أن يحل محل تفسير ارسطو ، دون المساس بالأطر العامة لتصوره . ولهذا انتشرت نظرية الدفع في القرون الوسطى داخل الأرسطية ، وفي آخر تلك

الحقبة ، وباستثناء اتباع ابن رشد Averroïstes من سكان بادو الذين تمسكوا بالأرسطية بشدة ، وباستثناء الإسكندرانيين المتأخرين ، أصبح كل الناس من أنصار هذه النظرية .

1 ـ نقولا دي كوي NICOLAS DE CUES

أفكاره وتأثيره على الحركة : ذلك كان حال نيقولا دي كوي الذي انحاز تماماً ، في كتابه ديالوغوس .. دي بوسست Dialogus trilocutorius de Possest (?1454)، للتصور التقليدي القائل بأن الدفع هو كينونة عارضة تتصدى للقوى الطبيعية . فقد اهتم دي كوي De Cues بلعبة البلبل ، وكمؤلف شهير رأى في مفعول الدوران النتيجة فوق«الطبيعية»لروح الحياة يبعثها اللاعب كقوة دفع تظهر بشكل دوران . هذه الروح المحركة تتلاشى وعندها يسقط البلبل بفعل الميل الطبيعي للسقوط. ولكن نقولا Nicolas في كتاب له لاحق عنوانه « محاورات ليدو غلوبي» اطلق فكرة « طبيعية » الحركة الدائرية حول الذات في كل كرة أو في كرة متكاملة . لا شك ان اللعبة التي أعطاها اهتماماً خاصاً، والتي تقوم على ملامسة اوتاد مصفوفة بشكل لولبي بواسطة طابة نصف مستديرة مفرغة قليلاً في قسمها المسطح، ليست من اختراعه . ولكنه اذا كان يستعير من الفلكلور الشعبي ومن التراث العلمي (ارسطو تيليس بروبليماتا) ، فان الجهد الذي بذله كوزين Cusain ليفهم هذه اللعبة الغريبة ، والمسار اللولبي المنحني تماماً والذي يستطيع اللاعبون الماهرون تحقيقه ، هذا الجهد يستحق الانتباه . يقول نقولا ان القسم السميك من الطابة يعيق حركة القسم الدائري الذي يكرّج لأنه ثقيل ويرد هذه الحركة الى القسم الدائري كما لو كانت مركزاً . وليس صحيحاً اذا كما قيل ، ان نقولا دي كوي Nicolas De Cues لا يبحث عن التفسير الا في شكل او ضمن شكل المقذوفة . ان هذا الشكل يدل في نظره على اثر الثقل النوعي ، والأمر الملحوظ تماماً ، هو مع هذا النص ، ظهور نوع من اجتماع دافعين : دافع الدوران ودافع السقوط. والاستمرارية الدائمة لدوران طابة كاملة فوق سطح افقي ، ثم ارتفاع دوران كرة حول مركزها الى مستوى الحركة الطبيعية هما بالنسبة الى نقولا دي كوي من نتائج الشكل الكروي ، ولكن السبب ، في الحالتين ، هو ان الوضع المفروض على المركز يستبعد ، بالنسبة الى دافع الثقل ، كل سبب للتدخل ، في حين تتجدد في كل لحظة نفس الشروط التي تتوفر في بداية الحركة وبفعل تأثيرها على ليونارد دا فنشي وكوبرنيك Leonard de Vinci et Copernic ، لعبت هذه الأفكار دورا ذا اهمية رئيسية .

ادخال المقاييس في الفيزياء : ادى خصب فكر نقولا دي كوي Nicolas de Cues ، الذي عرف كيف يتصور وحدة الكون ، بعد ان ادخل المماثلة بين كل الأجزاء التي تشكله (او يحتويها هو) ، والذي رأى في المقارنة والقياس اعمالاً جديرة بعقلنا (القياس يأتي من العقل) فاستنتج فكرة تأسيس دراسة الطبيعة على القياس ، وبصورة خاصة على تحديد وزن مختلف عناصرها .

وبدا الميزان هنا اداة القياس الأولى ، وفي حواره العجيب « حول التجارب الثابتة » (دى

ستاتيك اكسبريمنتس De staticis experimentis) (1450) ، يشرح نقولا دي كوي ان استعمال الميزان يتيح تطبيقات متنوعة جداً في الفيزياء وفي علم الأرصاد الجوية وفي الطب . من ذلك عند وزن دم وبول الأشخاص الشبان والمسنين ، المرضى والأصحاء ، يمكن تسهيل التشخيص . ومن تغير وزن قطعة صوف يمكن استخلاص درجة الرطوبة والجفاف في الهواء، وايضاً وزن هذا الأخير . ويمكن أيضاً وزن الهواء اما بوزن بالون، منفوخ وبالون فارغ ، أو بدرس تغيرات مدة هبوط أوزان ، متساوية (وهذا أفضل)، ساقطة من اعلى برج ، ولقياس زمن السقوط ، وكذلك لقياس سرعة النبض عند مريض ، استعمل نقولا دي كوي Nicolas de Cues ساعة مائية مفتوحة ، ووزن الماء المتجمع طيلة مدة التجربة ـ تماماً كما عمل غاليليهGalilée في تجاربه على السطح المنحني ، ويمكن أيضاً قياس عمق الماء وذلك بتحديد زمن ارتفاع شيء خفيف انزل حتى القاع . كما يمكن قياس سرعة سفينة ، بالزمن الذي يأخذه شيء ملقى لكي يذهب من المقدمة الى المؤخرة .

ولكن نقولا دي كوي لم يكن دائماً موفقاً في مشاريعه القياسية . ولكن رغم سذاجة بعض من تطبيقاته ، فان الفكرة عميقة ، والأجيال المقبلة سوف تستفيد منها .

2 ـ تراث باريس وأوكسفورد

لقد حمل بعض المنظرين المدرسيين ، طيلة القرن الخامس عشر ، تراث المناطقة وعلماء الحركة الوسيطيين حين فسر الأولون وشرحوا ونشروا اعمال الثانين ، وحتى حين اضافوا عليها بعض الايضاحات اللفظية والمعنوية .

نعلم منذ بيير دوهيم Pierre Duhem ، أن منظري باريس واوكسفورد : أورسم ، وسوينشيد ، غيوم دي هيتسبوري Oresme, Swineshead, Guillaume de Heytesbury قد فرقوا بين الحركة وسرعتها ، وحتى تسارعها . وقد فعل غيتن دي تيان Gaétan de Tiéne نفس الشيء حين اتبع بصورة خاصة هيتسبوري Heytesbury وخاصة شخصاً اسمه مسينو : Messino. في كتابه « دي موتي لوكالي De motu locali » يميز أنج دي فوسومبرين Ange de Fossombrene أيضاً الحركة عن زخمها وسرعة الحركة عن زخمها ، وتدل تأويلاته انه يرى بوضوح مفاهيم الحركة المحلية المتسقة والحركة المتسقة التسارع .

الحركة المتسقة التغير والفكر الوسيطي : وإذن فدوهيم Duhem ، على حق ، حين يماثل بين التعبيرين : « الحركة المتسقة التسارع » و « الحركة المتسقة التغير »، ويؤكد انه في منتصف القرن الخامس عشر الايطالي كان المعلمون الطليان يعرفون « قوانين الحركة المتسقة التسارع او المتسقة التغير »، مع هذا التحفظ : « ان احداً منهم (ولا حتى ليونار دا فنشي Leonard de Vinci نضيف نحن) لم تخطر له الفكرة بان سقوط الأجسام هو متسق التسارع ، وانه بالتالي تطبق عليه هذه القوانين » . واذا كان أيٌّ من المدرسيين ، باستثناء دومينيك سوتو Dominique Soto ، لم يفكر في التفتيش داخل حركة سقوط الأجسام عن الخصائص المتعلقة . . « بالطولي la latitude المتسق

التغير»، فذلك لأنه بالنسبة الى المُنظِّر في القرون الوسطى ، يوجد بين هذين المفهومين ، كل المسافة التي تفصل التجريد الرياضي عن الواقع الفيزيائي .

قلما يهتم المؤرخ العصري بمجادلات المناطقة الوسيطيين: لأنها بالنسبة اليه خالية من المعنى . والشيء الذي يجذب الانتباه في كتاب ضخم مخصص لدراسة « اطوال الأشكال » أو « الحسابات » أو التنبؤات او السفسطة، هو القسم الذي يعالج الحركة ، وحتى الحركة المحلية . ولهذا فهو ميال الى تناسي ان هذا القسم الصغير من الكتاب ليس له بالنسبة الى المؤلف ، الا اهمية ثانوية جداً . فالحركة المحلية ، ليست الا حالة خاصة في الحركة أي في التغيير، حالة لا تعتبر على الاطلاق مميزة بالنسبة الى حالة حركة النمو ، والتلف ، حركة التولد والفساد الخ ؛ ثم ان النظرية التي يسعى الى تطويرها الحاسب الوسيطي لم تكن تهدف فقط الى احتواء « حركات » الطقس والضوء او الصوت ، التي هي من وجهة نظره خاضعة للتزخيم او التراجع تماماً كالدافع المحلي ، بل تشتمل ايضاً ، حركات قلما تستحق ، بنظرنا ، ان تعالج بهذا الشكل مثل « حركة » تزخيم فعل العفو وشبق نفس العاصي .

المسألة الفيزيائية في حركة القذائف: أما «الفيزيائيون»فقد اهتموا بأمر آخر بعيد تماماً هو مسألة القذف أو النفث، وتسارع الأجسام المتحركة، ودور ردة فعل الهواء، وطبيعة الدافع، وتفسير الأطروحة الشهيرة حول الحركية الأرسطية ، التي بموجبها تكون سرعة الجسم متناسبة مع قوة المحرك ومتناسبة عكسياً مع قوة المقاومة هذا النقاش الأخير يؤدي الى النظر في أدوار كل من الدافع والجاذبية في القذف العامودي . من المقبول عموماً أن الجسم يرتفع طالما أن قوة دافعة أكبر من قوة الجاذبية تدفعه وان السرعة التصاعدية ترتبط بالفرق بين الاثنين : ان هذا الفرق يتضاءل باستمرار نتيجة ضعف الدافع ، فتصبح الحركة نحو الأعلى أكثر فأكثر بطأً .

وعندما تصبح قوة الجاذبية اكبر من قوة الدافع ، يعود الجسم الى الهبوط وتتزايد سرعته بمقدار ما يتزايد الفرق بين قوة الجاذبية وقوة الدافع .

وهكذا بالنسبة الى المقذوفة العامودية ، فان هذه النظرية تقبل الخلط او التركيب ، بين الدافع العنيف والدافع الطبيعي ، تركيب يعتبر مستحيلاً في حالة المقذوفة الأفقية . فبين الصعود والهبوط ، كما يُعَلِّمُ أرسطو ، وكما كرر الجميع ذلك ـ باستثناء بندتي Benedetti وحده حتى نهاية القرن السابع عشر ـ يجب ان تقع لحظة يكون فيها ثبات وجمود . هذه الفكرة عن « حالة الوسط » quies media يقول بها الحس السليم . بل هي فعل تجربة . يقول لويس فيفس Louis Vives : الا نرى ان سهماً ، اطلق في الهواء، يتوقف لحظة قبل ان يسقط ؟

وكذلك اليس هو فعل تجربة تزايد سرعة القذيفة في اللحظات الأولى من اطلاقها ، فعلاً أو حدثاً يُؤكده جميع النبالين والقناصين والمدفعجية ؟ الا ان جان دولارت Jean Dullaert ولويز كورونيل Luiz Coronel ينكران هذا . وعلى كلٍ فهما يقبلان بواقعة ان القذيفة تضرب بقوة اكبر بعد

مسافة معينة من المدفع ، اكثرمما لوكانت اليه اقرب . ذلك انه « بالنسبة الى المتحرك نفسه ، لا توجد علاقة ثابتة بين عنف الضربة وسرعة الحركة ».

3 ـ ليونارد دا فنشي LEONARD DE VINCI

نلتفت الآن الى انتاج ليونار دا فنشي ، اذ هو ، بدون منازع ، الأكثر اصالة والأكثر جدة خلال تلك الحقبة . ليس لأنه بالامكان ان ينسب اليه اكتشاف اشياء لم يكن بامكانه اكتشافها ، مثل مبدأ « الجمود » وقانون سقوط الأجسام ، ولكن حتى دون الوقوع في عيب التفسير المغالي في عصرية ليونار وفي غناه ، يبقى لصالح ليونارد اشياء كثيرة مفيدة ، حتى ولو خاطئة ، ومهمة ، حتى ولو أن نتائجها وبواكيرها لم تستخرج ، بحيث يكون موقف بعض المؤرخين العصريين ، الانتقادي ، عارياً من التبرير .

من التقنية الى العلم : كان ليونارد دا فنشي Léonard de vinci عبقرية تكنولوجية لا مثيل لها . ففي اعماله تتحول التقنية الى تكنولوجيا ؛ تحول تعبر عنه اقواله الشهيرة حول الأهمية المطلقة للتجربة ، التي يدعي هو انه تلميذها ، بالنسبة الى التأمل الفلسفي الخالص والى المعرفة الكتبية ، والتي ليست ، على الأقل الا قاعدة لبناء النظرية التي تحل محلها وتخلفها ، تحول نادى به تصريحه الشهير حول الميكانيك ، جنة الرياضيات ، حيث تعطي الرياضيات كل ثمارها . ميكانيك يتحول من فن تجريبي الى علم تطبيقي وبالتالي علم مغلق امام كل أولئك الذين ليسوا مهندسين. تحول حققته كثرة رسومه ومشاريعه الآلية التي سبقت زمنه ، والتي لا تقدّم لنا صوراً ، كما تقدم المجموعات التقنية من القرن 15 و16 ، بل « مشاريع » محسوبة وناجزة المقاييس ، مثل الرسوم الجيومترية ، ولهذا يمكن القول انه اذا كان علم هندسة « جيومترية » ليونارد هي « جيومترية » مهندس ، فان فنه كمهندس هو فن « جيموتر » (عالم بالهندسة) .

ورغم اعجاب ليونارد Léonard بالنظرية فهو لم يكتب مؤلفات نظريةً، أو اذا كان قد كتب كتاباً واحداً فان هذا لم يصل الينا .

اما ما نملكه ، بالمقابل ، فجملة من المخطوطات ذات تواريخ غير اكيدة ، يكرر بعضها بعضاً ويكمل بعضها بعضاً ـ أو يناقض بعضها بعضاً ، والتي يصعب درسها ـ رغم سهولة ذلك مادياً بفضل الطبعة المدهشة التي صدرت عن «سكريتي دلاّ ميكانيكا Scritti della meccanica » من قبل غيدو اوسلي M. Guido Ucelli (ميلانو 1940) ـ بسبب تشتتها وتفرقها ، وبسبب عدم وضوح التعابير ، وغموض الصيغة . اما المخطوطات المكتشفة في مدريد سنة 1966 فتنطبق عليها نفس الملاحظة . ولهذا يُفتش عن عطاء ليونارد في مجال علم الميكانيك ، لا في الصياغات العامة او التعاريف، بل في تحليل حالات محددة او محددة نصفياً وفي الرسوم التي تقترن بها . رسوم تتيح ، في اغلب الأحيان ، فهم فكره بصورة افضل . ان عظمة ليونارد ليست في الفكر المجرد ، بل في الرؤية الحادة للحالة الملموسة .

الستاتيك والآلات البسيطة: يرتكز الميكانيك عند ليونارد على المبادىء الأرسطية ـأو على مبادىء « المسائل الميكانيكية »ـ مع بعض التصحيحات والإضافات وخاصةً نظرية الدافع التي أدخلها منظرو القرون الوسطى .

ان المبدأ الذي يقوم عليه ستاتيك ارسطو Aristote ـ والذي نسميه نحن « مبدأ السرعات الممكنة او المفترضة »ـ يكفي ، كما هو معلوم لتفسير مسار الآلات البسيطة : البكرة ، ومجموعة البكرات او العفريت (moufle) والمخل او العتلة والميزان الخ . . ويبدو ان ليونارد قد عرف ما نسميه اليوم « مبدأ التنقلات الممكنة » . و يخطىء مع ذلك من يسند اليه الوعي الواضح للفرق بين المبدأين . اذ لا أحد في الواقع ، قبل ديكارت Descartes ، استطاع ان يفهم بوضوح الفرق الأساسي بين وجهتي النظر .

وبالمقابل فهم ليونارد فهماً مدهشاً سير الآلات البسيطة . فهذه الآلات وبصورة خاصة المخل والميزان اصبحت بالنسبة اليه نماذج عقلانية توضح العلاقات الأساسية التي اليها يحاول ان يرد كل مسائل التوازن .

فهو يرى ان القوة التي يمارسها وزن موضوعٌ عند طرف مخل تتدنى عندما ينحرف المخل عن الوضع الأفقي ، وان هذه القوة تتناسب مع المسافة بين هذا الطرف والعامودي الذي يمر في نقطة دوران المخل (مخل القوة) . وينتج عن ذلك أنه ، في ميزان معوج ، ليست الأهمية لطول الذراعين الحقيقيين بل للذراعي القوة . وككل سابقيه اهتم ليونارد بالسطح المائل . وقد بين وهو يفتش عن شروط التوازن في جسمين ثقيلين مربوطين معاً بخيط وموضوعين على سطحين منحدرين وملتقيين ، ان هذين الجسمين يظلان في حالة توازن إذا كان وزن كل منهما متناسباً مع انحدارية السطحين ، وهذه الانحدارية حددها مع الأسف بشكل غير صحيح . الا ان رسمة في «المخطوط H» تشبه في وضوحها رسيمة ستيفن Stevin [1] المشهورة ، تصحح هذا الخطأ وتدل على أن الوزن النسبي لجسم موضوع فوق سطح منحدر يتناسب عكسياً مع طول هذا السطح (بالنسبة الى ارتفاعه) .

ولم تكن بحوث ليونارد Léonard حول تعلق الأجسام بخيوط وشد هذه الخيوط بالأوزان المعلقة لم تكن موفقة . الا ان دراسة من هذا النوع حملته على تصور حالة متوازي أضلاع القوى . وهو اكتشاف كان يمكن ان يكون مهماً لو أن ليونارد عرف كيف يعمم حله . وهذا امر لم يتيسر له . ومرة اخرى لم تسعف قوة التجريد النظرية الالهام الابداعي العبقري .

ديناميك ليونارد والحركة الملتوية : يشكل الديناميك القسم الأهم والأكثر اصالة في انتاج ليونارد العلمي . ولكن مع الأسف كان تفسير هذا الديناميك أكثر تضليلاً من تفسير الستاتيك وذلك بفضل الميل التأريخي التبجيلي عند أكثر مؤرخي ليونارد .

---

(1) ان رسمة ليونارد هي رسمة مهندس فهو يوسط البكرات لكي يلغي الاحتكاك بين الجسم الموضوع فوق سطح منحدر وهذا السطح بالذات .

والواقع ان ديناميك ليونارد كما أثبت ذلك ب. دوهم P. Duhem هو ديناميك الدافع. والشكل المحدد الذي يعطيه لهذا الدافع يدل على تأثير البير دي ساكس ونقولا دي كوي Albert de Saxe et Nicolas de Cues. فقد أخذ عن الأول اسلوب تقدير العلاقة بين القوة المحركة والمقاومة الداخلية او الخارجية للمتحرك. ومن الثاني اخذ فكرة الدافع المركب. فالدافع في نظر ليونارد هو فضيلة ولدتها الحركة وطبقتها بواسطة المحرك في الجسم المتحرك. وهذا التطبيق يمكن ان يتم بعدة أشكال. ولكن في جميع الأحوال انها قوة تؤثر في المتحرك فتحدث فيه مشابهه لها، أي قوة مشتقة. ويتلاشى الدافع الذي ولدته القدرة وتمثلت فيه، وذلك في انتاج الحركة وبواسطتها.

وتتحلل حركة القذيفة الى ثلاثة مراحل: الأولى: وفيها يسيطر العنف ـ عندها تتحرك القذيفة بخط مستقيم. وفي المرحلة الثانية يدخل العنف، عنف الدفع، والميل الطبيعي نحو الأسفل، بفعل الجاذبية، في صراع ويتفاعل الاثنان عندما تكون القذيفة ترسم خطاً باربولياً. والحالة الثالثة تعود الطبيعة فتسترد حقوقها ويسقط الجسم بخط مستقيم نحو مركز العالم (صورة 7 ص 102) وفي حالة نصف الكرة التي تكرج فوق سطح يتوافق ليونارد Léonard مع كوزين Cusain. ويلغي القسم المستقيم من المسار. هذه المعرفة لواقعة قوامها ان المسار يمكن ان ترسمه باكمله حركة مختلطة هي معرفة رئيسية، ولو ان ليونارد طبق هذا الالهام في حالة حركة النفث، اذا لكان سبق. تارتغليا Tartaglia بنصف قرن..

ولكنه للأسف لم يفعل رغم أنه قال بامكانية وجود الحركات المنحنية بصورة كاملة، مثل حركات نوافير الماء، وانه توصل ـ مرة واحدة ـ الى التخلي عن الأطروحة الأساسية أطروحة استقامة الحركة العنيفة والى التأكيد بأن: «كل شيء مدفوع بعنف يتبع في الهواء خط حركة محركه. فإذاكان هذا المحرك يحرك شيئاً، دائرياً، ثم ترك هذا الشيء بخلال مثل هذه الحركة، عندها تصبح حركته انحنائية.

تسارع سقوط الأجسام ومقاومة الهواء: قبل ليونارد Léonard بالمبدأ ـ الأرسطي ـ وبموجبه فالحركة او سرعتها، هي رهن بالعلاقة بين القوة المحركة ومقاومة الحركة: فالقوة المضاعفة تقترن بحركة (او بسرعة) مزدوجة. وجسم اثقل مرتين يسقط مرتين اسرع. وبديهية ارسطو Aristote يمكن أن تتأول بشكل الطف، مع الأخذ أكثر بعين الاعتبار، دور المقاومة التي تناهض الحركة. وعندها يبحث عن النسب الأساسية لا في العلاقات بين القوة والمقاومة، بل في العلاقات بين فوائض القوى والمقاومات. وفي افكاره حول سقوط الأجسام يعتمد ليونارد في اغلب الأحيان هذا التصور. ان مقاومة الهواء تعطي مفعولها في اتجاهات متعارضة: فهي من جهة تسرّع حركة السقوط بفضل موجة مباشرة، تنتشر امام الجسم وتخفض المقاومة التي تعترض هذا الجسم. ثم بفضل موجة معاكسة تحيط بالجسم فتدفعه من الوراء. ومن جهة أخرى، يقاوم الهواء الحركة، انما بشكل غير متسق لأن «ضخامته» ليست متسقة. ولهذا فحركة الهبوط ليست بذاتها لا متسقة ولا هي متسقة التسارع. ان ثبوتية التسارع تتحقق بواسطة اوالية تعويضية يفسرها ليونارد طويلاً وهو يخلط بين ادوار الوقت والفضاء المقطوع.

ثم انه بالنسبة الى ليونـارد ـ وهنا يكمن مصـدر فشله الأخير ـ ليس الـوقت ولا الفضاء اللذان يشكلان محور تحليله : انها الحركة . ولكن هذا المفهوم معقد وصعب ، وهو بآنٍ واحد زمني وفضائي ، فالحركة تقتضي بآنٍ واحد انتقالاً وسرعة وهمـا مفهومان يميل الفكر الى اعتبارهما متضامنين تماماً .

الصدمة : الفعل وردة الفعل ـ اذا كان ليونارد لم يكتشف لا قانـون سقوط الأجسـام ولا مبدأ الجمود ، فانه بالمقابل اقترب من اكتشاف مبـدأ المساواة بـين الفعل وردة الفعـل ، وهو مبـدأ صَاغـه بوضوح ، خاصة في دراسته حول القرع (النقر) وحركة الأجسام خارج القرع يقول : « ان فعل الجسم القارع في الشيء يعادل فعل الشيء المصدوم في الجسم » (C. Arundel) ، وعلى أساس هذا المبدأ يؤسس كل تحليله لظاهرة الصدم؛ هذه الدراسة التي يظهـر فيها متقـدماً عـلى عصره، بمقـدار قرن من الزمن ، تقتضي تصوراً جديداً جداً للحركة ، تصورا لم يصفه ليونارد .

والنقر ـ أو الضربة ـ هو في الأساس عنف . ثم أن فعله يتعارض مع فعل القـوى او الأسباب الطبيعية . وهو يحدث عندما يصطدم جسم متحرك بسرعة بشيء صلب . فالثقل الواقع فـوق سطح يصدم هذا السطح ، وبما أنه هو قد صدم ، فانه «يطـج » بخط مستقيم وفقاً للعامودي الذي نـزل فيه . وان صدم الجسم الســطح من زاوية معينـة ، فانـه يطج ايضـاً ، « وزاوية الـطج تسـاوي زاوية الصدم » . والحركة الارتدادية هي رهن بالقوة البسيطة التي يتمتع بها الدافع (الـذي يتحكم بالحـركة الارتدادية) كما هي رهن بقوة الصدم البسيطة . وتحليل الحركة المنعكسة يكشف في هذه الحركة تركيب حركات ، أو قوى محركة ، بحسب مبدأ متوازي اضلاع السرعات . وهو اي التحليـل يقتضي تواجـد حركتين ، أو قوتين محـركتين ضمن نفس المتحـرك دون أن تعيق احداهمـا الأخرى . وهـو يقتضي ايضاً فرضية قريبة جداً من مبدأ حفظ الحركة او اللحظة (momentum) .

ينكر ليونارد Léonard ضياع الدافع في الصدمة ، ويقول بمبدأ حفْظٍ غرضُه سيء التحديد ، الا ان مشابهته مع مفهوم ديكارت Descartes اكيدة ، وان كان هذا الحفظ غير مطلق وان كانت الحركة لا تجتاز الا مسافة محدودة .

ويشكل حفظ القوة المحركة ومساواة الفعل وردة الفعل في الصدمة الأساس النظري للتحليل ، الذي قام به ليونار ، والذي تناول مختلف حالات ارتجاج الأجسام المتحـركة . وكـانت الحلول التي توصل إليها رغم بعض الأخطاء في الحساب ذات دقة وصحة مـدهشين الى درجة ان ليونارد يميـز ، دون ان يقول ذلك صراحة ، بين صدمة الأجسام المطاطة وصدمة الأجسام الطرية .

ويدل ان في ظاهرة الصدمة هناك عمل مزدوج النواحي مساوٍ معاكس ، وبذات الوقت هناك تحويل للقوة كامل او جزئي من الضـارب والمضروب . تحـويل يبـدو احيانـاً وكأنـه تبادل في القـوّتين المتواجهتين ، وتارة وكأنه قسمة للقوة المتاحة بين الجسمـين المشاركين .

ولا يقدم ميكانيك القرن السادس عشر شيئاً من مثل تحليل ليونارد . ومن اجـل التوصـل الى

مستوى الفكر المنبعث من هذه التحاليل ، كان لا بد من انتظار مجيء ماركوس مارسي دي كرونلاند Marcus Marci de Kronland .

II ـ فيزياء القرن السادس عشر

بخلاف رأي شائع ، لا يبدو عمل ليونارد دافنشي Léonard de Vinci انه قد أثر تأثيراً محسوساً في القرن السادس عشر . فهل كان هذا العمل معروفاً فقط؟ . . يمكن الشك بذلك . وعلى كل حال لم يستفد أحد مما فيه من جدة ومن خصب ، مثلاً من الأفكار حول تسارع الأجسام او من نظريته في الارتجاج .

إلا أن بعض الأعمال المميزة زرعت في القرن السادس عشر تقدماً نحو فلسفة رياضية تعوض الخسران الذي ذكرته الملاحظة السابقة .

1 ـ تار تغليا TARTAGLIA

إن العلم الجديد الذي بشّر به كتاب تارتغليا الصغير واسمه نوفا سيانتيا Nova Scientia ، (1537) هو علم الصواريخ . وإذا كان تارتغليا يبالغ حين يدعي أنه المخترع ـ إذ سبق لليونار ان اهتم بالأمر قبله ـ فمن الحق القول انه كان الأول الذي قدم معالجة نظرية لفن كان حتى ذلك الحين مجرد تجربة . من هذه الناحية بالذات تبقى أعمال تارتغليا جليلة القدر ، رغم أن النظريات التي يعرضها هي خاطئة تماماً .

« العلم الجديد » : ان الديناميك في نوفاسيانتا هو تقليدي خالص تقريباً . ولكن عرضه ليس عرضاً تقليدياً . اذ تغلب فيه العقلية الجيومترية . فهناك سلسلة من التعاريف مقرونة بفرضيات او بديهيات ، ثم احكام مشتركة منها تستخرج مقترحات العلم الجديد . فضلاً عن ذلك يتفادى تارتغليا أي جدل فلسفي في موضوع المفاهيم التي يستعمل واسباب الظاهرات التي يدرس : ذلك انه يتوجه الى الممارس لا الى الفيلسوف .

انه كفيزيائي وكجيومتري يميز في التعريف الأول بين المادة وشكل الأجسام ، وكلها ذات ثقل . ثم يعلن أن هذه الأجسام سوف تشكل موضوع الدرس الوحيد . المادة يجب ان تكون ثقيلة مثل الحديد والرصاص والحجر الخ . والشكل محدد مروّس باتّجاه الحركة ، أي أن كل شيء يجب أن يتلاقى ليجعل مقاومة الهواء مهملة . ولكن بما أنه من الصعب القدرة دائماً على جعل الشكل المروس في الوضع المراد ، فمن الأفضل الاكتفاء بالشكل الكروي . لان هذا الشكل يؤمن تركيباً ثابتاً على الأقل . وبقول آخر ان الأجسام المتساوية الوزن عند تارتغليا هي قذائف المدافع في عصره .

والحركة المحلية لهذه الأجسام اما أن تكون طبيعية أو عنيفة . ولكن السقوط العامودي هو الحركة الوحيدة الطبيعية والممكنة . في هذه الحركة الطبيعية تسقط كل الأجسام المتساوية الوزن بسرعة تزداد بمقدار بعدها عن نقطة الانطلاق أو قربها من نقطة الوصول . وعلى كل لا يتمسك تارتغليا بهذه المعادلة . حيث يقول في « الاقتراح 2 » ان الحركات الطبيعية كلها تبدأ بنفس السرعة الدنيا وسرعتها تزداد أثناء السير .

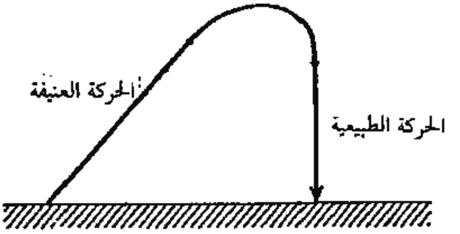
وخصائص الحركة العنيفة متقابلة تماماً . فعند ال   نقطة الانطلاق يباطىء الجسم المتحرك بعنف سرعته . ولهذا يرفض تارتغليا المعتقد الشائع القائل بالتسارع المنطلقي للقذيفة وتزايد قوة الصدم تبعاً لهذا التزايد .

والتقابل او التقارن الصحيح بين انظمة الحركات العنيفة والطبيعية ، هذا التقارن شكل تقدماً أصيلاً، أتاح لتارتغليا Tartáglia ان يتصور بشكل جديد عدم التلاؤم المطلق بين هذه الحركات، ليس فقط لأن تمازجها مستحيل ، بل أيضاً لأن تتابعها لا يمكن ان يتم إلا عند نقطة ذات حد أدنى من السرعة . وفي هذه النقطة يكون عامودي الحركة الطبيعية للسقوط محاذياً أي ملاصقاً لمسار الحركة العنيفة وهي في نهايتها .

ولا يقدم تارتغليا تبريراً لهذه الخصوصية المهمة التي تدعم بحثه حول شكل المسارات. وبالفعل اذا كانت بداية مسار الحركة العنيفة لقذيفة ما مستقيمة بما فيه الكفاية، وفقاً لممارسة الرمي على الهدف مباشرة فإنه يتوجب بالتالي وجود قوس مرتبط مع العامودي عند النقطة الحيادية .ويتوجب أيضاً افتراض وجود تأثير للجاذبية على هذا القوس حتى عندما تكون الحركة فيه فقط عنيفة .

وباعتماد الرسيمة الثلاثية الأقسام في المسار ، وبتقسيمه الى مستقيمين يربط بينهما قوس دائري (الصورة 7) ، عرف تارتغليا جيداً أنه لا يمثل الحقيقة . وتضمنت الصفحة الخارجية من كتاب نوفا سيانتا رسماً لمسارين : رمي ممتد ورمي عامودي ، والاثنان شبه بارابوليين ، بحيث أنه لا يمكن الشك بمعنى الجهد الذي بذله المؤلف : تبني الأفكار النظرية وفقا لالهام التطبيقيين ثم تقديم نوع من التقريب الرياضي المفهوم قدر الإمكان .

ولكن النتيجة كانت مع ذلك غير كافية ، خاصة فيما يتعلق بعلاقة القسم المستقيم بالقسم الدائري الذي رسمته الحركة العنيفة . وعلى الأقل ظن تارتغليا انه يستطيع التأكيد بأن المسارات المنطلقة من زوايا رمي متساوية ، تبدو متشابهة ، وان المدى الأفقي يتناسب مع سرعات المنطلق . وهذا خطأ يتوافق مع واقعة تقييم الحركة المتسقة التغيّر والمتباطئة كلما امتدت المسافة المقطوعة .نشير ان صاروخ تارتغليا يجهل الحلقات الوسطى media quies ، الأمر الذي يجعل عمله ذا صفة أصيلة .

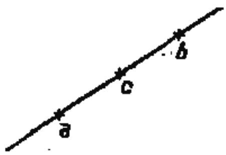


صورة 7 : رسيمة « ثلاثية » لمسار القذائف .

نشير أيضاً الى أن نوفا سيتا Nova Scientia ينتهي حول مسائل تطبيقية : تحديد المسافات وتحديد ارتفاعات الأهداف المستهدفة ، وصف آلة قياس الزوايا (الارتفاع) المستخدمة في المدفعية .

تصحيحات مهمة : نحو صاروخ جديد حقاً :في سنة 1546 أصدر تارتغليا Tartaglia كتابه : Quesiti et inventioni ; وقد احتوى البابان الأولان دراسة حول القذائف تستعيد وتكمل وأحياناً تغير في النظريات التي عرضها نوفاسيانتا .

والتغيير الأهم يقوم على التوكيد على الصفة الانحنائية لمسار الحركة العنيفة ، ما لم تكن هذه عامودية . وفيما خلى هذه الحالة الخاصة لا يتضمن مسار القذيفة أي خط مستقيم . وهذه النظرية تبدو معاكسة للتجربة . ثم ان محاور تارتغليا ـ لان كتاب الكيزيتي Quesiti كتب بشكل حوار ـ يتذرع بتجربة القاذفين الذين يسدّدون الى الهدف مباشرة فوق محور القطعة بواسطة خشبة التسديد (الميرا) . ويجيب تارتغليا بأن هذا التطبيق لا يرتكز إلا على عدم دقة الحواس وعلى صعف الفهم البشري . أما خصمه فيؤكد أن السرعة العظيمة للقذيفة عند خروجها من فم المدفع تتعارض مع ميل أو انحناء المسار . فيرد تارتغليا بأن هذه السرعة الكبرى تخفف من القذيفة التي يحملها الهواء كلما كانت سرعتها أكبر ، ولكنها لا تحميها من فعل الجاذبية . فضلاً عن ذلك أن السرعة تتضاءل . ففي القسم ab من المسارتكون السرعة أكبر في القسم ac منها في القسم cb



فهل يتوجب الافتراض أن ac هي أكثر استقامة من cb . أليس من المعقول اكثر الاعتقاد بأن أياً من أقسام المسار لا يمكن أن يكون مستقيماً مهما صغيراً .

الا ان تارتغليا ، الذي كان يدافع بعناد عن الحقيقة النظرية ضد مزاعم شبه تجربة الحس العام والمدفعجية ، لم يكن يستطيع في جميع الأحوال رفض شهادة هؤلاء جملة وتفصيلاً . ولهذا جهد في تفسير السبب الذي يجعل القذيفة الثانية ابعد مرمى من القذيفة الأولى ، رغم أن القذف يتم بنفس المدفع بصورة متتالية للضربة الأولى والثانية ، في الوقت الذي يكون فيه الارتفاع والثقل موحدين متماثلين .

وقد حاول ايضاً أن يفسر لماذا تكون قوة صدم القذيفة اضعف عند الخروج من بوز المدفع مما هي بعد مسافة منه .

وتضمن كتاب الكيزيتي Quesiti عرضاً لستاتيك تارتغليا Tartaglia المأخوذ عن جوردان نيموراريوس Jordanus Nemorarius ، مع أنه لم يذكره ، وهذا ما حمل فراري Ferrari على انتقاده بشدة . ولكنه امتاز باعطاء مخطوطة كتبها جوردان Jordanus إلى كورتيوس تروجانوس -Curtius Tro

janus الذي نشرها سنة 1565 تحت عنوان جورداني اوبسكولوم «Jordani Opusculum . . » وإذا فقد عرف تراث « المدرسة الباريسية » في القرن الثالث عشر وسمح بنشرها في إيطاليا .

وتارتغليا الذي كتب بلغة وادي نهر البو ، لم يقرأ فقط في بلده . فقد اعيد نشر كتبه من قبله بالذات سنة 1550 ، وبدون تغيير يذكر . وعرف نوفا سيانتا سبع طبعات حتى سنة 1583 . ولكن ، - وربما بسبب تردده - لم يكن لتارتغليا تأثير كبير خاصة فيها يتعلق بالأشياء الجديدة التي أتى بها . لأنه اذا كانت نظرية المسار الثلاثي الأجزاء الوارد ذكرها في النوفا سيانتا قد نجحت كثيراً، فان نظرية المسار المنحني تماماً والوارد ذكرها في كيزيتي Quesiti لم تنجح أبدا . إذ لم يعتمدها ولم يناقشها احد حتى الرياضيين امثال كاردان Cardan أو بالدي Baldi ولا حتى بنديتي Benedetti الذي عارض التراث بالأسس المتينة لفلسفة رياضية ، والذي ناقش عدداً معلوماً من نظريات تارتغليا Tartaglia . هذا الإغفال يدل على قوة التراث التجريبي التقني ويدلنا على أهمية العوائق التي كان على النظرية الفيزيائية ان تجابهها .

2 ـ التغيرات حول فكرة الدفع

كاردان **Cardan** : ظهر جيروم كاردان Jérôme Cardan ، في كتابه الشهير سابتيليتات Subtilitate 1550 ، مناصراً معتدلاً لنظرية ديناميك الدفع . ولهذا فهو يقدم لقارئه عرضاً طويلاً لنظرية ارسطو Aristote ، وهو بذات الوقت يوجه اليه الانتقادات التقليدية التي يوجهها خصومه . وقد تبنى هو هذه الانتقادات وادعاها لنفسه. أما عن مسار الشيء المقذوف (انحناءاً) في الهواء ، فقد اعتمد كاردان Cardan نظرية الأجزاء الثلاثة في بنية الحركة : عنيفة مطلقة ، مختلطة ثم طبيعية خالصة . ولم يكن يعتقد أن القسم المنحني يجب أن يكون مقطعاً من دائرة ، ولكنه ارتكب خطأ عدم ربط الأقسام المستقيمة والمنحنية في المسار بشكل تلاصقي .

ويبدو كاردان تقليدياً جداً في تقبله لواقعة التسارع الأساسي للقذيفة التي تصل الى اقصى سرعتها والى أقصى قوة صدمها ، في وسط مسارها . وهو بهذا متفق مع ليونار Léonard ومع ارسطو Aristote أيضاً . اذ يضاف الى قوة الدفع قوة ردة فعل الوسط ، التي تتزايد . ولا يضيف كتاب اوبيس نوفم دي بروبورسيوني باس Opus novum de proportionibus (1570)، شيئاً كثيراً الى النظرية المعروضة في كتاب سابتيليتات Subtilitate : فالحركة الطبيعية بذاتها يجب ان تكون متسقة نظراً لأنها من فعل سبب ثابت ، اما الحركة العنيفة فيجب ان تكون ، بعكس ذلك حركة متباطئة باستمرار نظراً لأن سببها يتلاشى وهو يحدثها . وفي الواقع ، وبسبب ردة فعل الوسط الذي يدفع ويسحب القذيفة الى الامام بآن واحد ، فإن كل حركة تتضمن مرحلة تسارع، وهذه المرحلة في الحركة الطبيعية تدوم حتى نهايتها ، أما في الحركة العنيفة، فإلى حين معين (ولا يقول كاردان Cardan حتى منتصف المسار) : وقبل ان تتوقف الحركة نهائياً تصبح بطيئة جداً . وهذا يقتضي ان تكون حركة القذيفة هي ابطأ ما تكون في ذروة خطها المنحني . ونشير على كل حال ان التأكيد ، المأخوذ بدون شك

عن باندتي Benedetti بان كرتين من ذات المادة، نازلتين في الهواء تصلان الى الأرض بنفس اللحظة .

بيكولوميني Piccolomini : بخلاف كادران Cardan في الديناميك النصف ارسطي ، نادى الكسندر بيكولوميني Allesandro Piccolomini في كتابه إن ميكانيكا . . روما 1547 بديناميك الدفع الخالص. ان فعل المحرك يحدث في الجسم المتحرك دفعاً مكتسباً بصورة عرضية . وينشأ عن هذا في المتحرك السائر بحركة طبيعية تزايد جذب أو ثقل ظاهري سطحي يجر وراثه تسريع لحركته . وبالمقابل يحدث دفع الحركة العنيفة في المتحرك نوعاً من الخفة السطحية . وهذا يمنعه من السقوط ما دام فعل الدفع قائماً فيه . إذ عندما يخف الدفع ويتلاشى أو عندما تتغلب الجاذبية الأرضية ، يتوقف الجسم عن التحرك العنيف وينزع نحو الأسفل بحركته الخاصة .

سكاليجر Scaliger : في سنة 1577 هاجم ج.س. ساكاليجر J. C. Scaliger في كتابه «دي سابتيليتات . . . De Subtilitate ad... » (باريس 1557)عمل كاردان هجوماً عنيفاً وبصورة خاصة استعماله نظرية ردة فعل المكان الى جانب نظرية الدفع . وعارض النظرية الأرسطية بدورة صحن مقطّع ضمن صفيحة خفيفة يُحرك بواسطة مدوِّر يدوي (مانيفل) ، الهواء قليل جداً كما يقول سكاليجر بين الصحن وحروف التجويفة الدائرية حيث يدور الصحن ، بحيث يستطيع هذا الهواء ، بردة فعل منه تغذية الحركة . والسبب الذي يجعل الصحن يدور والذي قد يسمى « محركاً Motio » وليس دافعاً ، « هو شكل يفرضه المحرك وقد يظل هذا الشكل فيه حتى بعد ابعاد المحرك الأساسي . وهذا « المحرك » الذي يتعب ويتلاشى مع الزمن يلعب نفس دور الدافع ويشرح سكاليجر Scaliger تسارع الأجسام الخاضعة لتأثير طويل من محرك ، بفعل تراكم الدفعات التي يعطيها هذا المحرك .

هذه « الردة الفعل » المتأخرة والتي يقول بها تقليدي ، بوجه انتقائية الزمن ـ ان سكاليجر يعارض تمجيد أرخميدس Archimède من قبل كاردان Cardan ويدافع بعنف عن أمجاد العظماء المدرسين أمثال دون سكوت Duns Scott ، هيتسبوري Heytesbury و سوينشيد Swineshead « ضد هجمات كاردان Cardan ـ هذه « الردة الفعل » لم تأت بأي شيء جديد حقاً .

برناردينو بالدي Bernardino Baldi : لا شيء جديد ايضاً باستثناء القول بأن الحركة تولد الحركة عند برناردينو بالدي الذي استلهم كاردان Cardan وبيكولوميني Piccolomini . من ذلك أنه في كتابه «إن ميكانيكا» الذي كتبه سنة 1582 ونشر سنة 1621 ، يقول بالدي Baldi بأن الحركة العنيفة تشبه الحركة الطبيعية ما دام العنف هو المسيطر ، أي انها تسرع في البداية . ولكن الدفع العنيف يتلاشى والحركة العنيفة تتباطأ باستمرار في حين ان الحركة الطبيعية التي تستمر بذاتها هي دائما في حالة تسارع .

احجية دومينيك سوتو Dominique Soto : نلتفت الآن الى دومينيك سوتو . هذا المدرسي الأسباني الذي اشتهر في زمنه ونسي فيما بعد ، اليه ينسب دوهيم Duhem الشرف بأنه من الأوائل

الذين عرفوا ، في حركة سقوط الأجسام ، وصعودها قذفاً الى الأعلى ، ـ حالات تكون فيها الحركة متسقة التغير بالنسبة الى الزمن . لم يكن سوتو Soto فيلسوفاً كبيراً . والفيزياء عنده تقليدية انتقائية . ولهذا قد نعجب عندما نراه يؤكد أن :

«الحركة المتسقة التغير بالنسبة إلى الزمن هي الحركة التي يكون تغيرها بحيث إذا قسمناها بحسب الزمن ، اي بحسب الأجزاء التي تتعاقب في الزمن وفي كل جزء ، تتجاوز حركة النقطة الوسطى الحركة القصوى الأضعف ـ في هذا الجزء بالذات ـ بكمية تساوي الكمية التي تجاوزتها بها الحركة القصوى الأكثر زخماً .

هذا النوع من الحركة هو النوع المختص بالأجسام التي تتحرك بحركة طبيعية ومختص بالقذائف . وفي كُل مرة تسقط فيها كتلة من ارتفاع ما داخل وسط متسق فانها تتحرك في النهاية اسرع مما تتحرك في البداية . ولكن حركة القذائف تكون ابطأ في النهاية منها في البداية . وهكذا تتحرك الأولى بزخم أكبر في حين تضعف الثانية بشكل موحد » (كستيوفي سوبر أوكتو . . سالامنك 1572)

ان الترخيم والإضعاف للحركة يعنيان برأي جان سيلايا التسريع والتأخير ، والقاعدة التي قبل بها سوتو تعني التأكيد بأن الطريق التي يجتازها مثل هذا المتحرك تساوي الطريق التي يمكن ان يقطعها بذات الوقت بحركة متسقة موحدة تكون سرعتها متوسطة بين السرعة القصوى والسرعة الدنيا لهذا المتحرك .

فكيف توصل سوتو الى جعل حركة السقوط كمثل لحركة موحدة التسارع ؟ وكيف توصل على تقديم هذا الانتقال من مفهوم رياضي خالص الى واقع فيزيائي وكأنه شيء بديهي ، انتقال رفضه دائما الرياضيون والمناطقة من مدارس باريس واكسفورد ؟ انها المسألة يصعب حلها خصوصاً وان سوتو يبدو متضايقاً من التمييز الذي انجر اليه بين طبائع مختلفة للحركة بحسب ما اذا ننظر اليها من حيث الموضوع المتحرك أو من حيث الزمن .

ظن دوهيم Duhem أن سوتو Soto لم يبدِ الا رأيا تافهاً « قبل منتصف القرن 16 لدى المدرسيين الباريسيين وتلاميذهم» . لكن اذا كان الحال كذلك ، لماذا لم يتوجد هذا الرأي الا عند دومينيك سوتو Dominique Soto ؟ وكيف حدث ان بينه وبين غاليليه Galilée ، لم يرد هذا الرأي ، بمقدار معرفتنا ، عند احد غيره ؟ ولا حتى عند بنيدتي Benedetti ، في مجهوده الواعي المستمر من اجل اقامة الفيزياء على قواعد ثابتة وقوية من الفلسفة الرياضية ؟

3 ـ بحثا عن فلسفة رياضية للطبيعة : بنيدتي BENEDETTI

جان باتيست بنيدتي **Giam battista Benedetti** (1530 - 1590) هو أكثر الفيزيائين الايطاليين اثارة في القرن 16 . وهو أيضاً الفيزيائي ذو الدور التاريخي الأهم : اذ ان تأثيره على غاليليه Galilée الشاب الذي تبعه خطوة خطوة في كتابه : دي موتي De Motu ، كان عميقاً وغير منكور . لم يجتز بندتي الحد الذي يفصل العلم الوسيطي وعلم عصر النهضة عن العلم الحديث. فاجتياز هذا

الحد يعود الفضل فيه الى غاليليه . ولكن بنيدتي تجاوز تارتغليا Tartaglia ، معلمه وسابقه المباشر في جهد ترييض العلم . واكثر من ذلك : فـي معارضة واعية وعاقلة للفيزياء التجريبية والنوعية التي قال بها ارسطو Aristote ، حاول بنيدتي ان يقيم ، على الأسس الستاتية الأرخميدية ، فيزياء ، أو بحسب تعبيره « فلسفة رياضية » للطبيعة .

ولكن محاولته لا يمكن أن تنجح ، لأنه بخلاف غاليليه ، لم يعرف كيف يتخلص من فكرة الدفع المهمة كأساس للحركة . ومع ذلك فقد نجح ـ وليس هذا بـالأمر الهـين بالنسبة إلى مجده ـ في تصـور انعدام « الحالات الوسط » Quies media والاستمرارية التناقضية لحركة المجيء والذهاب ، تصوراً رياضياً . كما استطاع أن يبين ، بخلاف كل التراث الموروث من آلاف السنين ، أن جسمين ، على الأقل إذا كانا من طبيعة ومن اتساق متماثلين (أي أن ثقلهما النوعي واحد) يقعان بنفس السرعة مهما كان وزن كل منهما . وهنا أيضاً يعود الفضل الى غاليليه بأنه عرف كيف يعمم اقتراح بنيدتي ويوسعه حتى يشمل كل الأجسام دون تمييز طبيعتها .

المحاولة الأولى : يشرح بنيدتي في كتابه المسمى : «حل كل مسائل اقليدس Euclide »، وقد نشره على انفصال ، في جنوى 1554 ، وقد سرق ج .تسنيه J. Taisnier بوقاحة هذا الكتاب بعد عدة سنوات ؛ في هذا الكتاب يشرح بنيدتي أن نظرية ارسطو القائلة بأن الأجسام الثقيلة تقع بسرعة أكبر من الأجسام الخفيفة وذلك بنسبة اوزانها ، تحتاج الى التصحيح من نقطتين اساسيتين : أولاً : ليس الوزن بذاتـه بل زيـادة وزن المحرك عن وزن الحجم الـذي يحتله هذا المحـرك في الوسط المحيط بـه هو الذي يحدد السقوط وسرعته ثم ثانياً : ليس وزن الجسم هو المؤثر بل ثقله النوعي .

ولكي يثبت حقيقة الحكم الأول عارض بنيدتي Benedetti ، ـ الذي يؤمن بنسبية السرعة الى القوة المحركة ـ ارسطو متذرعاً باعتبارات قـائمة عـلى الايدروستاتيك ارخميـدس L'hydrostatique d'Archimède : ان الأجسام الثقيلة ، المغطسة في وسط اخف منها ،(وبالمناسبة في الماء) تفقد وزناً معادلاً لوزن حجم مساوٍ من الوسط الذي هي فيه .

اما الحكم الثاني ، فقد اثبته بنيدتي عندما قارن سقوط كلة وزنها 4 وحدات بكلة اخـرى وزنها وحدة واربع ككل كل منها وحدة ، مجموعة معاً . من الواضح ان مركز الثقل في كلة الأربع وحدات يقع بنفس السرعة التي لمركز الثقل المؤلف من أربع ككل مجموعة معاً ؛ ومن الواضح أيضاً ان كل واحدة من هذه الأربع الأخيرة تقع بنفس السرعة مـع الكلة المنفردة . يقـول بنيدتي : هـذا الحكم الثاني لا يتوافق مع نظرية ارسطو ولا مع أي من شارحيها الذين رأيتهم أو قرأت لهم أو تحادثت معهم وهذا صحيح . وبالمقابل ، وفيما خص الحكم الأول طور بعض شارحي فيزياء أرسطو، وبالدرجة الأولى جان فيليبون Jean Philipon نظرية مماثلة تقريباً . وهي النظرية التي تربط سرعة الجسم المتحرك بـزيادة الدفع على المقاومة ، مما يعني أن التاريخ يجب أن يقرب بينهما (راجع المجلد I ، القسم الثالث الفصلين الثاني والثامن) . ويبدو مفهوم بنيدتي ، في خصوصيته الذاتية ، من خلال احلال رسيمة أرخميدية محل الرسيمة الأرسطية في القرون الوسطى .

نهاية الاحلال: (في كتابه ديفرسارون سبيكيلاسيونوم Diversarum speculationum 1585 mathematicarum . . .) يرفض بنيدتي الأفكار الأرسطية حول الثقل والخفة المطلقين ويحل محلهما الثقل والخفة النسبيين : كل الأجسام تعتبر ثقيلة ، نسبةً الى ثقلها النوعي densité وهي يزيد او يخف وزنها بحسب الوسط الذي يحيط بها. والسلم الكمي عند ارخميدس يحل عندها محل التعارض النوعي عند ارسطو .

ويحتوي كتاب بنيدتي في قسمه الفيزيائي هجوماً منظماً على فيزياء ارسطو ، وعرضاً ممتازاً لقاعدة «الدافع» التي يتعصب لها . وككل الذين سبقوه يهاجم قبل كل شيء نظرية ارسطو حول القذف ، ولكنه اكثر عقلانية من كثيرين غيره، وذلك حين يعتبر أن هذه النظرية لا تصلح : فالوسط لا يمكن ان يكون محركاً ، بل هو دائماً عائق يعارض الحركة ويقاومها .

وقد سبق ان درسنا فكرة الدفع كسبب داخلي لحركة الأجسام في المجلد الأول (القسم الثالث ، الفصل 8) وقد عدل بنيدتي النظرية برفضه الدفع الدائري وبإصراره على الصفة المستقيمة للدفع : انها حركة بخط مستقيم تفرضها اليد أو المقلاع على القذيفة وليست هي حركة دائرية . وكذلك الحال في الحركة الدائرية للبلبل أو لحجر الطاحون : ان كل ذرة في هذه الأجسام تنزع لأن تتحرك بخط مستقيم ، والعنف وحده أي قوة الربط هو الذي يحكمها لكي تدور .

ان تخلف فيزياء ارسطو يفسر برأي بنيدتي بأن ارسطو لم يفهم دور الرياضيات في العلم الفيزيائي . ولا يمكن الا الانطلاق من أسس ثابتة في الفلسفة الرياضية ـ أي انطلاقاً من أرخميدس Archiméde واستلهاماً من أفلاطون Platon ـ لكي يمكن احلال فيزياء أفضل مؤسسة على حقائق يفهمها العقل البشري تلقائياً ، محل فيزياء أرسطو .

بنيديتي Benedetti وانتقاد ارسطو Aristote : جهد بنيدتي أن يضع أسس هذه الفيزياء الجديدة. الواقع أن ارسطو لم يفهم شيئاً بالحركة . لا بالحركة الطبيعية ، لأنه أعتبر ان الجسم الساقط بحرية يتسارع بمقدار ما يقترب من الهدف وليس ، كما هو الحال واقعاً ، بمقدار ما يبعد عن نقطة الانطلاق؛ وانه لم ير ان «الحركة المستقيمة للأجسام الطبيعية الصاعدة والهابطة ليست حركة طبيعية في المقام الأول وبذاتها»، بل هي حصيلة قوة سابقة ، وانه لم ير أيضاً فعل الوسط الذي وضعت فيه هذه الأجسام (من ذلك أن الحركة نحو الأعلى ليست حركة طبيعية على الاطلاق ، بل هي غلبة للأكثف على الأندر) . كما أن ارسطو لم يفهم شيئاً عن الحركة العنيفة لأنه لم ير ان الحركة المستقيمة ذهاباً واياباً هي حركة مستمرة وتتم بدون توقف ، ولا ان الحركة على خط مستقيم يمكن ان تكون لا نهائية في الزمن رغم انها نهائية في الفضاء .

ولكن الخطأ الأكبر في فيزياء ارسطو هو نفيه وجود الفراغ والحركة في الفراغ . نحن نعلم ان استحالة الفراغ بيّنها ارسطو عن طريق البطلان : في الفراغ ، أي في حالة انعدام المقاومة تتم الحركة بسرعة لا نهاية لها . ويرى بنيدتي ان هذا خطأ كبير. فنظراً لأن السرعة تتناسب مع الوزن النسبي

للجسم أي مع وزنه المطلق ، ناقصاً (وليس قسمةً على) مقاومة المكان ، ينتج عن ذلك مباشرة أن السرعة لا تزيد الى ما لا نهاية له وأنه بعد الغاء المقاومة ، لا تصبح السرعة لا نهائية اطلاقاً . بل هي بالعكس تتناسب ، فيما خص الأجسام المختلفة (اي الأجسام المؤلفة من مواد مختلفة) متناسبة مع وزنها النوعي المطلق أي مع ثقلها النوعي (Densité) . أما الأجسام المركبة من نفس المادة ، فإن سرعتهاالطبيعية في الفراغ واحدة .



صورة 8 -
السقوط المتواقت لأوزانٍ متجانسة سنداً لبنيديتي

وهذا يثبت بالبراهين التالية : « نفترض وجود جسمين متجانسين g و o (صورة رقم 8) ونفترض أن g نصف o . ونفترض ايضاً جسمين آخرين متجانسين مع الأولين Acte وكل منهما مساوياً لـ g . نتصور أن الجسمين الأخيرين يعني e و a موضوعين عند طرفي خط وان i نصف هذا الخط . من الواضح أن النقطة i تحمل ثقلاً يعادل الثقل الذي يحمله مركز o . ثم أن i بفعل الأجسام e و a يتحرك في الفراغ بنفس السرعة التي يتحرك بها المركز ولكن اذا كان الجسمان e و a غير مرتبطين بالخط المذكور فانهما لا يغيران سرعتهما ، وكل منهما يكون سريعاً مثل g . واذاً فـ g تكون بمثل سرعة o » .

في الحركة في الفراغ ، وفي السقوط المتواقت لأوزان متجانسة : اننا نبعد كثيراً عن فيزياء أرسطو. ولكن الأسس الثابتة للفلسفة الرياضية ، والنموذج القائم أبداً حول فكر بنيدتي Benedetti وفهمه للعلم الأرخيدي ،لم تسمح له بان يقف عند هذاالحد. فأرسطو قد صنع لنفسه تصوراً خاطئاً عن العالم تصوراً يتلاءم مع فيزيائه . ان مفهومه الخاطىء للكوسمولوجيا المرتكزة على النهائيةهي أساس نظريته عن المكان الطبيعي الذي هو اساس الديناميك عنده . والواقع«لا يوجد أي جسم في العالم أو خارج العالم (مهما قال ارسطو) لا مكان له». امكنة خارج العالم؟لم لا ؟ . هل من ضير ان تكون فوق السماوات اجسام لا نهائية ! لا شك أن ارسطو Aristote ينكر ذلك . ولكن حججه ليست على الاطلاق دامغة . ولا ايضاً حججه التي يقول بها عن استحالة تعدد الأكوان وعن عدم فساد السماء وغيرها من الأشياء الكثيرة . كل ذلك لأن ارسطو لم يفهم شيئاً بالرياضيات ، والدليل على ذلك انه انكر حقيقة اللانهائي . وبنيدتي حين عارض انكار ارسطو لوجود اللانهائي قسّم الخط الى قسمين متساويين ، ثم قسّم الى قسمين كلّ واحد من النصفين الحاصلين وارتأى تكرار العملية الى اللانهاية . وهذا ما حمله على التأكيد بأن التعددية اللانهائية ليست أقل صدقاً من التعددية النهائية .

وهكذا نجد انفسنا قريبين من غاليلي Galilée ومن ديكارت Descartes . وقريبين جداً . ولكن ايضاً بعيدين ، اذ من بين الأخطاء التي ارتكبها ارسطو بشأن الحركة ، لم يستطع بنيدتي ان يلحظ الخطأ الأكبر بل وقع فيه . وهذا الخطأ هو انه رأى في الحركة تغييراً لا « حالة » . وهذا الخطأ يجعل الفلسفة الرياضية لدى بنيديتي وراء الخط القاسم الذي يفصل علم عصر النهضة عن العلم الحديث.

4 ـ ارخميدس Archiméde جديد : سيمون ستيفن Simon Stevin

ان مساهمة ستيفن الوحيدة في الديناميك تقوم على تجربة حول سقوط الأجسام اجراها مع جون غروسيوس Jean Grotius سنة 1585 ، وذلك لمعرفة : هل الأجسام الثقيلة تقع اسرع من الأجسام الخفيفة كما يقول ارسطو ، ام انها تقع بذات الوقت كما يؤكد ذلك تسيني Taisnier وكاردان Cardan .

دلت التجربة انه اذا وقعت طابتان من الرصاص من وزنين مختلفين بنفس السرعة ، فبالمقابل يقع خيط القطن بصورة أبطأ من رزمة القطن المكبوس : واذاً فالنظريتان خاطئتان. وقد ندهش ان ستيفن لم يحاول معالجة هذه النتيجة المخيبة . فقد يمكن ان يكون قد توقف بفعل الصعوبات التي يفرضها وضع ديناميك رياضي ، أي استحالة اقامة العلاقة بين المقاومة والقوة نظرياً ثم استحالة جعلها تجريداً، كما فعل عامداً في ستاتيكه وفي الأيدروستاتيك الذي وضعه . وبهذا الشأن ورغم هدفه العملي ودرسه للفن الوزني،ولأثر الآلات البسيطة مثل المخل والبكرة رأى ستيفن أنالستاتيك هو بذاته علم نظري خالص وهو فرع من الرياضيات حاله كحال الحساب والجيومتريا .

ونشر ستيفن كتابه ستاتيك باللغة الفلمنكية اولاً ، وضمنه تطبيقات عملية ومعالجة ايدروستاتيكية وذلك في سنة 1586 . واعيد طبع الكتاب مع اضافات سنة 1608 وترجم الى اللاتينية من قبل سنيليوس Snellius . ولكن البير جيرار Albert Girard نشر ترجمة فرنسية للكتاب في سنة 1634 .

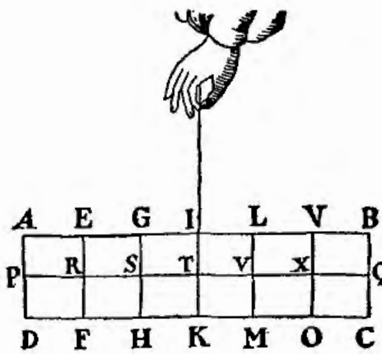
فصل الستاتيك عن الديناميك : ان ستاتيك ستيفن ارخميدي خالص . ويكفي كما يقول دوهيم Duhem تصفح الكتاب حتى نعرف في ستيفن تلميذاً اميناً للجيومتري السيراكوزي . ولذا فهو يحكم ضد التراث المنبثق عن « مسائل ميكانيكية »، والذي يربط بين الستاتيك والديناميك ويفسر توازن العتلة باعتبارات تنظر الى الحركات على انها اقواس دائرة تقوم بها أطرافها .

وعلى كُلٍ لا يبدو ستيفن متمسكاً بهذا الحكم . اذ بهذا الشأن ، وفي ملحق ثانٍ لكتاب الستاتيك وفيه يدرس توازن البكرات ، والرافعات ، كتب يقول انه يطبق على هذه الآلات البديهية التالية : Ut spatium agentis ad spatium patientis, sic potentia patientis ad potentiam agentis, ويعيد ادخال تنقلات ، من العبث التساؤل ما اذا كانت فعلياً قائمة او ممكنة محتملة .

ستاتيك ستيفن : نظرية المخل : يقسم كتاب الستاتيك الى بابين . الباب الأول يدرس خصائص توازن الأوزان او الأثقال ويدرس الثاني بحوثاً حول مراكز الثقل في الرسوم المسطحة وفي الأجسام الصلبة . ويقسم الباب الأول الى قسمين القسم الأول فيه تعاريف وبديهيات والقسم الثاني فيه اقتراحات تعالج الأوزان النازعة عامودياً (بفعل نظرية المخل)، والأوزان النازعة مائلياً(بواسطة السطح المائل) .

ان نظرية المخل ذكية وانيقة ، وهي ترد شروط التوازن في أي محل الى حالة ابسط حالة الميزان ذي الذراعين المتساويين الذي يعطي نتائج اكيدة حالاً .

يفترض وجود موشور Prisme متجانس معلق بمركزه في الصورة، مركزه الذي يشكل بذات الوقت مركز ثقله النوعي T (صورة 9) ، من المؤكد أنه سيكون في حالة توازن . لنقسمه ، ذهنياً ، الى ستة اجزاء متساوية بالخطوط BC VO, LM, IK, GH. EF, AD نجمع بالفكر ايضاً ، القطع الأربع اليسارية والقطعتين اليمينيتين:ان مراكز ثقلها النوعي المتالي تكون عند S وX . نحل محل كل من هذه الأجسام ثقلاً مساوياً ، يعلق عند مركز الثقل النوعي لكل منها . وهذه الأثقال يجمعها عامود صلب : ان التوازن لا يتغير ، الا ان المسافة التي تفصل T عن S وعن X تتناسب عكسياً مع الأوزان المعلقة . ان التحليلات ، المبنية على نفس النموذج ، تدل على صحة القيمة العامة لهذاالحكم مهما كان شكل الأجسام المعنية أو الطريقة التي بها تعلق بالعامود (الصلب) الموجود في الميزان .

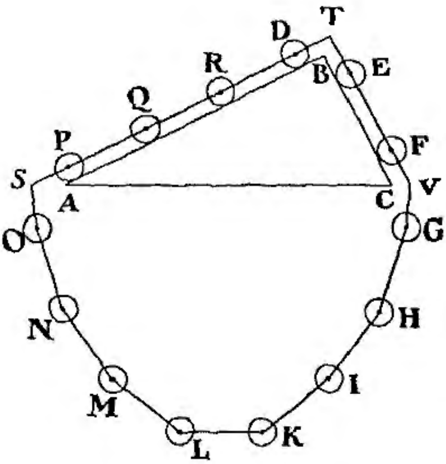


صورة 9 ـ تبين شروط التوازن في ميزان متساوي الذراعين وضعه ستيفن

السطح المائل : «العجيبة ليست عجيبة» : لم يحلَّ ستيفن Stevin ، كما قيل احياناً ، مشكلة السطح المائل ، فقد أثبت دوهيم بهذا الشأن ان هذا الحل قد عثر عليه جوردانوس نيموراريوس Jordanus Nemorarius وعنه « اخذه » استعاره تارتغليا Tartaglia . الا ان نظرية التوازن ، توازن الأجسام ، فوق سطح مائل ، تستحق ان تلحق باسم ستيفن Stevin . فقد عثر عليها ستيفن Stevin، بواسطة تحليل اصيل وجديد ، مرتكز على «استحالة الحركة الدائمة »، ثم حوّله الى مبدأ اساسي في الميكانيك ، بواسطة تحليل استقرائي لدرجة يبدو معها الاستنتاج بديهياً عفوياً .

هذا التبيين ، (وهو الأشهر ، وقد كان ستيفن فخوراً به الى درجة انه كتب تحته « العجيبة ليست عجيبة » ، على الصفحة الغلافية من كتابه). يقوم على رسم مثلث ABC بحيث يكون الضلع AB اطول من الضلع BC بمرتين . ويوضع الضلع المذكور أي AB بشكل يكون سطحه عامودياً وقاعدته موازية للأفق ثم احاطته بالتالي بسلسلة مؤلفة من 14 كلة متساوية وعلى نفس الأبعاد R, Q, P, O, N, P, L, K, I, H, G, F, E, D (صورة 10) .

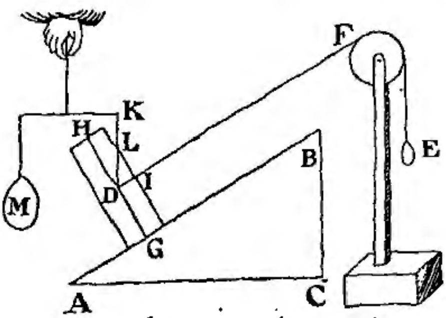
في هذه الحالة تقع كلتان على الضلع BC ،وأربع على الضلع AB والثماني الباقية تعلق تحت بحيث تشكل مجموعة متقابلة . وبالضرورة يكون الجميع بحالة توازن لأنه اذا كانت « الجاذبية الظاهرية » ـ وهو مفهوم يتوافق مع المفهوم المسمى « الجاذبية الثانية المكانية » gravitas secun dum Situm ، بحسب الستاتيك الوسطي ـ للكلتين E وF لاتتساوى مع الجاذبيةالظاهريةالتي للكلل



صورة 10 ـ السطح المائل عند ستيفن .

DRQP ، عندها تأخذ «الكلل الأثقل» بالهبوط في حين ترتفع الأخف ، الأمر الذي يجدد الوضع الأسامي مع ما يلحق به أي. الحركة في «الكلل الأثقل». وهكذا تنشأ حركة دائمة وهذا مُحال». ان « الجاذبيات الظاهرية » للأجسام الموضوعة على سطوح مائلة تتناسب عكسياً مع طول هذه السطوح . وينتج عن ذلك أن هذا الوزن الظاهري ، إذا قورن بالوزن الذي يمكن أن يوازنه ، يتناسب مع خارج قسمة AB (الضلع المواجه للزاوية القائمة) على ضلع الزاوية القائمة BC (صورة 11) .

والخط DF الموازي لـAB يحمل الثقل D بحيث يبقى متوازناً إذا كان الوزن، E يساوي : $D\frac{AB}{BC}$، ويكون الحال كذلك أيضاً إذا كان الخيط DK يشد الوزن D عامودياً نحو الأسفل بشرط أن يكون الوزن M مساوياً للوزن E .



صورة 11 ـ شروط توازن جسم مرتكز على سطح مائل سنداً لستيفن.

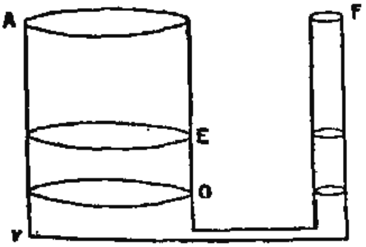
وقد درس ستيفن Stevin أيضاً حالة يكون فيها الوزن D مشدوداً بخيط غير مواز للسطح المائل (شاقل مائل) ، وتوزيع الوزن على السنادات ، الخ . وأخيراً وفي قسم أخير من الستاتيك : سبارتوستاتيك Spartostatique يدرس ستيفن توازن الأجسام المحمولة بخيوط . وقد توصل إلى وضع قاعدة متوازي اضلاع القوى ، في حالة وجود مكونات مستطيلية .

ايدروستاتيك ستيفن : ولكن اذا كان عمل ستيفن في الستاتيك ، وبفعل الوضوح الذي يضفيه على هذا العلم جعله يبدو وكأنه المبدع الثاني بعد ارخميدس Archiméde ، فان عمله في الأيدروستاتيك ربما كان أروع . اذ يجب القول ان الأيدروستاتيك منذ ارخميدس لم يحرز أي تقدم .

ويمكن القول ان بنيدتي Benedetti وحده ،حين اكتشف مبدأ التوازن الإيدروستاتيكي قد قام بخطوة الى الأمام. وبهذا الشأن يقول بنيدتي في كتابه ديفيرساروم سبكولاسيونم Diversarum Speculationum ان الماء في الأوعية المتصلة يكون على نفس المستوى وبالتالي إذا كان جسم المضخة AV قد وصل بأنبوب ضيق F (صورة رقم 12) فإن ماء الأنبوب يكفي لمقاومة دفع الماء في جسم

المضخة AV وبالعكس ، رغم ان ماء الوعاء AV يزيد في حجمه وفي وزنه عن ماء الأنبوب F » .

من هذه الملاحظات استنتج بنيدتي ـ وهو بذلك سابق على باسكال Pascal وضاغطته المائية ـ انه ، اذا كان جسم المضخة AV اعرض بعشر مرات من الأنبوب F فانه يلزم وزن عشرة أضعاف في AV لدعم ضعف واحد في F .



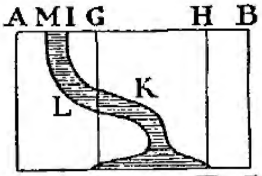
صورة 12 ـ دراسة الأوعية المتصلة على يد بنيدتي .

ولم يعرف ستيفن بنيدتي ـ اذ لم يقرأ الا كتاب أوبسكولوم L'opusculum الذي وضعه ج . تسيني J. Taisnier ، ونشر في كولونيا Cologne ، دون ان يشك بأن الكتاب مسروق عن كتاب بنيدتي وعنوانه ديمونسترامنيو ـ ولذا يعتبر عمله مستقلاً واصيلاً .

ولهذا العمل من ستيفن أيضاً مدلول آخر غير مدلول عمل الفيزيائي الايطالي بنيدتي . اذ من نفس الملاحظة المتعلقة بالأوعية المتصلة وتوازن الماء فيها ، وان الماء في الأنبوب الصغير يعادل من حيث الوزن وزن الماء في الوعاء الكبير ، يستنتج ستيفن بأن الضغوطات التي يمارسها الماء في الأنبوب الصغير والماء في الوعاء الكبير ، فوق سطح فاصل ، هذه الضغوطات متساوية . ومن هنا وبفضل تحليلات انيقة واصيلة يبين ستيفن ان ضغط الماء على قاع وعاء لا يتعلق لا بشكل هذا الوعاء ولا بكمية الماء التي يحتويها بل فقط بارتفاعه . وبقول آخر ان الضغط يساوي الضغط الذي يمارسه على هذا القاع وزن موشور (Prisme) قاعدته تشكل القاعدة وارتفاعه يساوي الخط العامودي بين قعر الإناء وسطح الماء . ومن هنا المفارقة الأيدروستاتية الشهيرة القائلة بان اي سائل يمكن ان يمارس على قعر الوعاء الذي يحتويه ضغطاً يزيد كثيراً عن وزنه .

ويستند تحليل ستيفن على المبدأ (قاعدة 4، بند 4) القائل بأن أي جسم صلب مهما كان شكله وذا وزن نوعي معادل لوزن الماء، يبقى في حالة توازن مهما كان وضعه ، وبالتالي ان احلال هذا الجسم محل أي قسم من الماء الموضوع في وعاء (مبدأ التجميد) لا يغير شيئاً من ظروف التوازن وفي ضغط الماء . فلنحل اذا مثل هذا الجسم الجامد محل كل الماء الموجود في الوعاء ، باستثناء بعض مساحة في القعر وباستثناء قناة ، مهما كان شكلها تربط بين القعر والسطح ، في هذه الحالة لا يتغير الضغط. فلنفرغ القناة : يزول الضغط وينعدم . نملأ القناة من جديد : يعود الضغط . ويبقى دائماً مهما كان شكل القناة . واذاً فالحجم ووزن الماء الضاغط يساوي ضغطاً يحدثه موشور قائم مركز على القعر المذكور . هذا الضغط يحدث على حد سواء من اسفل الى اعلى ومن اعلى الى اسفل .

ولهذا اذا تصورنا القعر EF في الأنبوب KLI متحركاً (صورة رقم 13) يجب من اجل معادلة ماء الأنبوب وجود وزن يفوق عدة مرات وزن هذا الماء، وذلك من اجل موازنة ماء الأنبوب.



صورة 13 ـ تحديد ستيفن للضغط الذي يمارسه سائل معين على قاع الوعاء .

عند دراسة الضغط الحادث على القعر يضيف ستيفن Stevin دراسة الضغط الذي يحدثه السائل على اطراف الوعاء الذي يحتويه .

ولتحديد هذا الضغط وضخامته قطّعَ الجوانب الى اقسام أفقية واعتبر الضغط العام وكأنه مجموع الضغوطات الجزئية التي يمارسها السائل على كُلٍ من هذه الأقسام ،ضغوطات تتعلق بالعمق بين سطح الماء وكُل من الأجزاء المعنية . وبهذا الشأن شكّل ستيفن سلسلتين لكل منها عمق القسم متخذاً كعمق للقسم مرة عمق حده الأعلى ومرة عمق حده الأدنى . والمجموع الأول اصغر والمجموع الثاني أكبر من القيمة المبتغاة التي تشكل الحد المشترك والتي نعثر عليها كلما زدنا الى ما لا حد له عدد الأقسام. وهكذا يكون الضغط الذي يسببه السائل على حاجز عامودي مساوياً لوزن نصف موشور يشكل الحاجز قاعدته اما ارتفاعه فيساوي ارتفاع مستوى الماء في الوعاء . وبفضل اعتبارات مماثلة حدد ستيفن ضغوطات السائل على الحواجز المنحنية وعالج أيضاً الحالات التي تكون فيها الحواجز أوالجوانب مستديرة، أو معوجة . فضلاً عن ذلك أضاف البرهان الجيومتري تدليلاً رقمياً .

علامة من علامات الوقت : يقفز امام النظر الايحاء الأرخميدي في هذه المناهج ولكن يبقى لستيفن فضل ومجد استعمالها في مجال لم يفكر احدٌ قبله بها .

واذا قورنت مساهمات ستيفن في نظرية السفينة ببقية عمله التنظيري فانها تبدو ثانوية . الا أنه يعود الفضل الى ستيفن في تبيان ، ليس فقط ان السفينة تكون اكثر استقراراً كلما كان مركز ثقلها النوعي أدنى ، بل أيضاً أن هذا المركز يجب ان يكون ادنى من مركز الثقل النوعي للماء الذي يحتله غاطسها .

ونهي بالتذكير بان اعظم مجد احرزه ستيفن ، بالنسبة الى معاصريه ، لا يكمن لا في « حسابه » ولا في ستاتيكه ولا في ايذروستاتيكه بل في عربة ذات شراع بناها سنة 1600 من اجل موريس دي ناسو Maurice de Nassau ، عربة تتسع لثمانية وعشرين شخصاً يجلسون فيها ولا يستطيع اي حصان اللحاق بها .

الكتاب الثاني :

علوم الطبيعة

الفصل الأول :

العلوم المتعلقة بالأرض

ان علوم الأرض تحمل ، اكثر من غيرها من علوم الطبيعة ، ثقل المواقف الفكرية او السيكولوجية الموروثة عن الماضي او المرتبطة بغاية هذه المواقف . مركز الكون ، مقر الانسان ، تلعب الأرض دوراً أساسياً في كل علوم الكون (كوسمولوجيات) ، ولكن احشاءها تتضمن كنوزاً وربما أيضاً « الجحيم » . والانسان الذي يدخل وهو يرتعد في الكهوف المظلمة ، يخشى أن يجد فيها الشياطين الى جانب المعادن الثمينة . ولكن هنا أيضاً يمكن أن نعثر بحق على الطبيعة الحقة وهي تعمل . في أي مكان آخر لا يوجد مثل هذا الاحساس بالصفة البروميثية (الحضارية) في البحث عن المعرفة .

تعطى الكوسمولوجيا الأرسطية للأرض وضعاً خاصاً . فالكون بحكم أنه أزلي تكون الأرض ازلية مثله وهذا يقتضي نفي أو استبعاد فكرة الأحداث الكبرى الجيولوجية . ولكن الأرض بحكم موقعها من عالم تحت القمر ، وهو مكان الخلق والفساد ، معرضة لتغيرات دائمة : من جهة ، ان العناصر يمكن أن تتغير بعضها في بعض . ومن جهة اخرى أن الابخرة الجافة والرطبة التي تتصاعد من الأرض بتأثير من الأجرام السماوية تتحكم بالميتورولوجيا (حالة الرطوبة والجفاف) وبدوران المياه وحتى بالزلازل . وهناك سلسلة من الأحداث الجيولوجية تفسر باسباب فيزيائية ، الا ان البحث المنهجي قلما يكون ممكناً نظراً للحالة الأقليمية التي تتحكم بالأحداث المرصودة .

وبالعكس ان الكوسمولوجيا المسيحية تفرض فكرة خلق الكون في لحظة محددة من الزمن . والكمال الواجب بحكم أنه إلهي ، كمال الكون المخلوق ، يفترض تلاؤماً صحيحاً بين اقسامه ويفترض أن تكون الأرض ، في تضاريسها ، في وضع يساعد على التفكير في المصير الأخروي اكثر من البحث عن الأسباب الفيزيائية . ورغم أن التراث الموروث عن « الأنبياء » لا يفرض فكرة الخلق الكامل ، دفعة واحدة ،الا أن هذه الفكرة فرضت نفسها بصورة تدريجية .والتسلسل التاريخي التوراتي يوحي بتاريخ محدد لخلق الكون : وهذا التاريخ يختلف بحسب المفسرين ، فهو يقع عادة في

حوالي 4000 سنة قبل المسيح . وتاريخ الأرض ، اذا اخذ بين الأبدية الغامضة التي قال بها ارسطو والاختصار في التاريخ التوراتي لا يمكن أن يتطور ولا يمكنه أن يتضمن إلا أحداثاً ذات مدى قريب .

ومن جهة اخرى ان الفكرة المتكونة عموماً عن « الطبيعة » كقوة ناشطة أبداً ومحكومة بقوة منبثقة عن الله ، حتى وان لم تلتبس به ، تجعل من احشاء الأرض المكان الدائم للتغيرات الدائمة . وفي افضل الأحوال تعتبر هذه التغييرات من تلك التي تطمح الخيمياء الى احداثهافي المختبر. وهذه التغيرات العميقة ، المتخيلة سنداً لمبادىء الخيميائي ، اكثر مما هي وفقاً لنموذج ارسطو المتعلق بتغير العناصر ، هذه التحولات لا تعتبر تفاعلات كيميائية ولكنها قد تصبح كذلك . وفي أسوأ تفسير يعتبر نشاط الطبيعة هذا كعملية سحرية يدخل فيها تأثير النجوم . ان « الطبيعة » او العالم الروحاني هي التي تعطي لبعض الأحجار والصخور اشكالاً عجيبة واعضاء شبيهة باعضاء الانسان او الحيوانات ، واحياناً حروفاً لاتينية او عبرية . ان المتحجرات تعتبر بصورة خاصة كالعاب في الطبيعة . وعلى كل حال ان الحدود بين المملكة الحيوانية ومملكة الجماد ليست واضحة فالأحجار تنبت كما تنبت الأعشاب مما يدل على انها كائنات حية .

وعلى الأقل من المسلم به ان شيئاً ما يحدث وان الطبيعة تعمل باستمرار وانه يمكننا محاولة فهم سر عملياتها . وهناك بعض المفكرين الكبار يحملهم هذا الاقتناع على البحث عن اسباب فيزيائية لبعض الأحداث التي تسهل ملاحظتها.يقول برنار باليسي Bernard Palissy : ورد في كتاب « الخلق» ان الله خلق كل الأشياء في ستة أيام وأنه استراح في اليوم السابع : ولكن الله لم يخلق هذه الأشياء ليتركها بدون عمل ولهذا فكل شيء يقوم بواجبه ويتحرك . لا شك انه تنقصنا معارف كثيرة ايضاً ، ومفاهيم كثيرة وقواعد ومناهج تجريبية ما نزال نحتاج الى اختراعها لكي يقوم علم بهذا الشأن . ولكن الفضول عبر الزمن يراكم المعارف التفصيلية ويضع مختصرات تفسيرات جزئية نسيها القرن السابع عشر لمدة طويلة نظراً لاهتمامه الحثيث بالكوسموجونيا الفيزيائية (أي علم نشأة الكون) .

فضلاً عن ذلك كان الفضول في القرن السادس عشر بعيداً تماماً عن التنظير . وتفرض الدراسات حول حركة البراكين في بلدان حوض المتوسط نفسها فالبحث التعديني والأيدرولوجي تشجع عليه احتياجات الطب الذي يعطي لبعض الأحجار خصائص شفائية ويستخدم المياه الحارة . وقدساعدت الرأسمالية الناشئة خاصة في المانيا البحوث المنجمية .

ولكن الكتب الثقنية المؤلفة حول هذه البحوث ظلت في أغلب الأحيان عملية وقلما ادت الى تنظيرات عامة . ولكن هذا لا يعزى فقط الى التناظر أو التعارض بين النظرية والتطبيق كما يتصوره برنارد باليسي Bernard Palissy في كتابه « خطابات مدهشة » : بل ربما يعود هذا بصورة خاصة الى ذهنية القرن السادس عشر بالذات .

بنية الأرض: اذا كان الشكل الدائري للأرض لم يعد أبدا موضوع شك من قبل أي كان فان التكوين الفيزيائي لهذه الكرة،وطبيعة الأقسام المركزية يثيران جدلاً كبيراً. ونظرية النار المركزية قديمة

جداً . ولكن التيولوجيا أعادتها الى الحياة بقوة، حتى جاكوبو ماريانو دي سيان Jaccopo Mariano de Sienne وضع لهذا الموضوع ، في القرن الخامس عشر ، تفسيراً عاماً يتناول البراكين والهزات الأرضية . اما كاردان Cardan فيرى أن كتلة الكون سائلة وان القارات تعوم على سطح الماء . وهذا الأمر رفضه بعنف ج . س . سكاليجر J. C. Scaliger ، الذي يعتبر أن كتلة الكون جامدة وان البحار لا تغطي الا قشرة سطحية قليلة السماكة (سابتيليتات Subtilitate 1557) . وهذا الرأي يبدو أكثر شيوعاً : فهو مقبول لدى ليونارد دافنشي Leonard de Vinci ولدى اغريكولا Agricola ، على الأقل . وهذا المفهوم لا يمنع من القول بوجود كهوف ضخمة في باطن الأرض الصلبة مملوءة بحسب الأراء ، بالماء او بالنار أو بالهواء العنيف ، ونشاطها بارز بظاهرات سطحية . وهو لا يمنع كذلك من افتراض وجود كمية ضخمة من المياه الباطنية .

تضاريس الأرض واسبابها : ان هذه المسألة من أكثر المسائل أهمية واثارة للجدل ويبدو بشكل عام أنه من المقبول القول بأن هذه التضاريس في الأرض ، في خطوطها الكبرى ، تعود الى أيام خلق العالم . فالهيغينوتي برنارد باليسي يقول : « الله حدد حدود البحر فلا يتجاوزها : كما كتب ذلك سفر الأنبياء » . اما سكاليجر فيقول من العبث ايضاً البحث عن منشأ الجبال وعن منشأ كل الكون : فكلها وضعها الله بالأماكن المناسبة . ولكن هذه النظرية تصطدم بانتقادات جدية . والفكرة الأكثر اصالة ان لم تكن الفكرة الأقوى هي فكرة خلق الجبال بفعل الجاذبية بين الكواكب ، ويجيب سكاليجر : اذا صحت هذه الشروط فالجبال يجب ان تدور مع الكواكب. ولكن التثبيتي سكاليجر اخطأ بالتخلص سريعاً من الحلول الأخرى المقترحة لهذه المشكلة : ذلك أنه لا يستطيع الاعتقاد بان تضاريس الأرض قد اصابتها تغييرات مهمة منذ خلق الكون .

فالهزات الأرضية والبراكين توحي بعدم استقرارية القشرة الأرضية ، ومنذ العصور القديمة كانت صقلية Sicile ومنطقة نابولي Naples مكاناً لنشاط بركاني زخم استمر حتى القرن السادس عشر (1488, 1527, 1538) . ويعزو ارسطو في كتابه علم الارصاد الجوية (ميتيرولوجيا) الظاهرة الى رياح باطنية مضغوطة داخل الفجوات . وأعاد سكاليجر هذا التفسير ، الا أن آخرين مثل كاردان وبرنار باليسي ، يقولون بالنيران الباطنية التي تستهلك كميات من الكبريت والبيريت والفحم الحجري . وهذه النيران تعمل اما بصورة مباشرة او تولد ابخرة عنيفة تضغط بشكل رياح باطنية . وهذه الرياح تفجر اقبية الفجوات التي تحتويها فتولد الزلازل وتفجرات البراكين ، واحياناً ظهور أراض جديدة مثل جزيرة ميكراكميري Micra Kaimeri في خليج سونتورين Santorin ، 1573 . ولا يبدو ان احداً فكر في توسيع هذا التفسير ليشمل كل جبال الكرة الأرضية . والعكس من ذلك يرى اغريكولا Agricola ان النار لا يمكن الا ان تتلف الجبال وذلك بالقضاء على اجزائها الداخلية . وهناك ملاحظة غريبة ابداها سكاليجر مفادها ان غرق كتلة صلبة في مادة لدنة مثل غرق الحجر في الوحل ، يؤدي الى رفع سطح المادة اللدنة . ولكن هذه الفكرة سرعان ما تخلى عنها المؤلف لانه لم ير جدوى القول بها .

والواقع ان الفكرة السائدة عموماً هي نظرية «نبتونية»، (قبل وقتها) . ويرى ليونارد دا فينشي

Leonard de Vinci أن الجبال ، وهي عظام الأرض كانت مغطاة في الأصل بمواد خفيفة ازالها الحت واخذها الى الأماكن المنخفضة . وليست الفكرة واضحة تماماً ، ويجب الافتراض بأن الجبال كانت مغطاة بتراب لين وانها كانت موجودة منذ التكوين . اما فكرة اغريكولا فتبدو اكثر وضوحاً واكثر جرأة :

« فالهضاب والجبال احدثتها قوتان : قوة الماء وقوة الريح . وهناك ثلاث قوى تزعزع الجبال وتزيلها ، وهنا يجب ان نضيف الى قوة الماء وقوة الهواء قوة النار الداخلية في باطن الأرض. والآن نستطيع ان نرى بوضوح ان الكمية الكبيرة من المياه تحدث الجبال ، لأن السيول تسحب الأرض الطرية ثم تنقل الأرض الأصلب وبعدها تدحرج الصخور الى القاع ، وهكذا تحفر بعد سنين السهول والفجوات الى اعماق بعيدة . وهذا يمكن ان نلاحظه في المناطق الجبلية حتى من قبل مراقبين غير مجربين . وان نحن حفرنا الى اعماق بعيدة ، عبر الأجيال تتكون لدينا هضاب ضخمة على الجانبين . وعندما يرتفع هكذا شاهق تذوب التربة وتتأكلها الأمطار الدائمة بعد أن يكون الجليد قد فجرها وفجر الصخور ، ما لم تكن هذه الصخور صلبة للغاية ، نظراً لأن ركائزها تكون قد ماعت بفعل الرطوبة ، عندها تتدحرج الصخور في الفجوات المتكونة في الحضيض . ويستمر الحال هكذا الى ان يتحول المنحدر العنيف الى منحدر لطيف . وكل جانب في الحفرية يسمى جبلاً ويسمى القاع وادياً . . . ولكن هذه التحولات في الأوضاع مهما كانت من الكثرة ومن الأهمية ، لا يعزوها الناس إلى حين حصولها بالضبط ، وذلك بسبب قدمها وبسبب تقادم الزمان والمكان والكيفية التي بدأت بها ، فلا تستطيع ذاكرة الانسان استيعابها » .

وتتضمن الخلاصة نوعاً من الاستشعار بضخامة الأزمنة الجيولوجية ، وفي هذا بصورة خاصة تكمن جرأة النص رغم انه من الممكن العثور على نفس الملاحظة عند ارسطو Aristote . ووصف مختلف اشكال الحت بواسطة الماء (امطار،جليد، مياه جارية) يبدو واضحاً نوعاً ما ، ولكن الفكرة لم تكن جديدة . اذ من المعلوم ، منذ أيام هيرودوت Hérodote ان مصر كانت هبة النيل . وقد احتج سترابون Strabon ضد توسيع هذا النمط من التفسير والاسراف به . ورغم ذلك فقد تمت العودة اليه ووسعه ليونار دا فينشي Leonard de Vinci بصورة خاصة ، حين نظر في الشروط التي بها ينقل الماء الجاري الحتيت ليراكمه بشكل ترسبات. وليس هناك من دراسة جدية حول نقل مختلف المواد المعدنية . ومن الملحوظ تماماً ان فكرة النقل بواسطة المياه الجارية تتغلب بصورة واضحة على فكرة الترسب في مياه هادئة . والواقع ، ان الاطار التاريخي التسلسلي الذي فرضه «التوراة» ، يوحي بفكرة الأحداث السريعة نوعاً ما ، اما ظاهرات تراكم القشرات فقلما لفتت انتباه العلماء.

والشيء الذي سهل في القرن السادس عشر نجاح تفسير التضاريس بفعل المياه والحت والترسب ، هو بالدرجة الأولى امكانية رصد الظاهرة التي أشار اليها ليونار دا فينشي وكذلك برنار باليسي Bernard Palissy ، اضافة الى بساطتها البالغة . ويضاف الى ذلك ايضاً الجهل العام بعلم الأيدروستاتيك والجغرافيا . ويرى برنار باليسي وكثيرون غيره مستوى البحر اعلى في اغلب الأحيان من

مستوى الأرض ، انما في وسطه فقط : «ان البحر في اطـرافه محكـوم ، بأمر الله حتى لا يطغى عـلى الأرض ». ومستوى البحر الأحمر اعلى من مستوى البحر المتوسط. وهذا ممكن لأن المحيط الهندي غير مرتبط كثيراً بالأطلسي. والمياه يمكن تماماً ان تكون قد غـطت الأراضي وكونت الجبـال دون التساؤل الجدي عن مصيرها فيا بعد . واخيراً ان وجود المياه في امـاكن مرتفعـة من الجبال يـدل عليه وجـود الأصداف والمتحجرات البحرية.

مسألة المتحجـرات : ان وجود المتحجـرات البحريـة في اراض بعيدة جـداً عن البحر كـانت معروفة تماماً عند الأغريق . وقد استنتج من ذلك هيرودوت وارسطو وسترابـون Strabon ان البحر كان يغمر هذه الأراضي من قبل . وهذا يعني ، منذ البداية ان هذه المتحجرات هي بقـايا حيـوانات بحرية . ولم يؤكد ارسطو ذلـك بصورة وضعيـة . اما بلين Plîne فـافترض أنها ربما تكون احجـار صواعقية او بفعل لعب الطبيعة التي عملت على تكوين هيكليات حجرية خـالصة تقليـداً للكائنـات الحية . والنظامان وجدا من يدافع عنهما في القرن السادس عشر . وقد دافع عن النظام الثاني مركاتي Mercate واوليفي Olivi وغيرهما ، قائلين بتدخل وحدة اعمال الطبيعة والقدرة الخـلاقة لتـأثيرات الكواكب . وظل النقاش مستمراً حتى القرن الثامن عشر . ولكن يبدو ان غالبية العلماء لم تتردد اطلاقاً حول نشأة المتحجرات ذات الأصل الحيـواني . ومن هؤلاء كان البـير Albert الكبير ، امـا ليونـارد دافنشي والسندرو السندري Alessandro Alessandri ، (1460-1523) ، وفراكاستور Fracastor وجسنـر Gesner ، وسيزالبينو Cesalpino ، وبرنار بـاليـبي Bernard Palissy فلم يعتريهم الشك حول هذا الموضوع. والمسألة الحقة هي الى أي حدود كانت الأرض مغطاة بالمياه في الأمكنة التي اكتشفت فيها اليوم المتحجـرات البحرية. كاردان Cardan وغيره أدخلوا الطوفـان التوراتي بـاعتباره التفسير الذي يتلاءم مع اقصر تاريخ للأرض وارد في سفر التكوين ، وكان الانسان منذ البداية شاهداً عليه. ولكن هذا التفسير يثير مصاعب درسها بعناية ليونارد دافنشي فقال: لو أن المتحجرات قدوضعتها الأمواج الطوفانية ، لكانت قد بعثرت في جنبات الجبال ولما كانت مجموعة كلها عند نفس المستوى قشرة فوق قشرة . مما يدل على أن ليونـارد افترض ان الأصـداف التـي كانت تعيش في ميـاه البحر ، قـد غطيت بصورة تدريجية بالحمم التي جلبتها الأنهار : وبهذه الطريقة ظلت هذه الأصداف محاطـة وميتة تحت هذا الطمي الذي ارتفع الى علو أعلى من سطح البحر في القضاء، والآن تبدو هذه الترسبات ذات ارتفاع كبير بشكل هضاب وجبال مرتفعة . ولا يبدو أن ليونارد Leonard قد رأى أن هذا يفترض ارتفاعاً في مقاعد المتحجرات او انخفاضاً في سطح البحـر. الا ان هذه المشكلة ظلت مـطروحة حتى القرن الثامن عشر . اما برنارد باليسي فقد كان أكثر حذراً وفضـل اعتبار المتحجـرات البحريـة كبقايـا حيوانات مياه حلوة تولدت في المكان ذاته ، وهو لم يقل بتفسير عن طريق الطوفان ، وبحكم انه اكثر احتراماً للتوراة من ليونارد، لم يشأ القول مثل ليونارد بأن الناس فقدوا ذكرى الزمن حين كانالبحر يغطي الكثير من البلاد. وهنا أيضاً يجعل قصر التاريخية التوراتية المشكلة غير قابلة للحل تقريباً الى أن جاءت أواخر القرن الثامن عشر ، ومع ذلك فمن الملحوظ أن احداً لم يفكر (باستثناء فالوبيـو Fallopio) باخضاع الطوفان البيبلي للتفسير الذي قدمه ارسطو عن طوفان دوكاليون Deucalion ، الذي اعتبره

بمثابة حادث محلي . وفي النهاية ان القول بالكارثية قلما استهوى علماء عصر النهضة .

الا ان بعض المحاولات قد جرت لمعرفة كنه البقايا المتحجرة . يقرن برنارد باليسي بعض الأنواع الحالية بالبقايا المتحجرة من التوتياء البحرية وبلح البحر. ويعتبر فابيو كولونا Fabio Colona ان النو المتحجر هي اسنان القرش. وبدون أي إثبات اعتبرت العظام المتحجرة للعمالقة التوراتيين او التاريخيين كبقايا عزاها القرن الثامن عشر الى فيلة اوماموث mamouths . وفي سنة 1610 وسنة 1620 أثار اكتشاف بقايا عظام الملك « تيتو بوخوس Teuto bochus » نقاشاً حاداً حول هذا الموضوع . ولكن النقابة (وهي محارة متحجرة بشكل النشاب) تظل حجر الصاعقة او « اللانكوريوم » او بول اللنكس (Lynx) او الوشق (هركبير بري له عينان نفاذتان) المتحجر ، وغيره الكثير من المتحجرات تبقى العابا من العاب الطبيعة . والالهام الأكثر اثارة في هذا المجال هو من غير شك الهام برنارد باليسي الذي لم يتردد بالتعرف، بين المتحجرات على عدد كبير من الأنواع الزائلة « اسماك . . »ضاعت بذورها ولا نعرف كيف نسميها اليوم، الا ان طبيعتها لا يرقى اليها الشك ، لأنّ هذه الأشكال لا يمكن ان تتكون اطلاقاً الا اذا تشكلت من اشياء حية. الا ان جسنر Gesner بالذات لم يجرؤ على اعطاء تفسير بمثل هذا الشمول ، رغم انه قدم وصفاً دقيقاً للمتحجرات مقروناً بالصور . وذلك في كتابه « ريروم فوسيلوم. . . Rerum Fossilum 1565 »

الينابيع والمياه الجارية : يبقى ان نعرف من أين تأتي هذه المياه التي يحول جريانها تضاريس الأرض. وقد عمل الجهل العام بقوانين الايدروستاتيك وكذلك الصفة البدائية والسحرية السرية للماء الذي يعتبر في اكثر الأحيان أم كل الأشياء، على بقاء الأفكار القديمة جداً. من المقبول القول بأن الماء ينفجر عفوياً من اعماق الأرض، وانه اليها يعود . ومثل هذا التفجر هو الذي يغذي برأي بيار بيلون Pierre Belon البحر الأسود الذي يتدفق باستمرار نحو البحر المتوسط. اما سكاليجر فيقدم تفسيراً فيزيائياً للظاهرة فالماء مضغوط في التجاويف الباطنية بفعل ثقل الأرض والصخور فينفجر نحو السطح ، اما مباشرة في باطن البحار واما في الينابيع والبحيرات والعيون التي يوجد بعضها في ذرى الجبال . وهكذا يعارض سكاليجر Scaliger رأي كاردان Cardan الذي يرى ان الماء هو حصيلة تنقل الهواء في باطن الأرض وعن ذلك ينتج المطر والثلج . وكان هذا هو رأي ارسطو Aristote ويستخدمه كاردان، مثل أرسطو، ليفسر فيضانات النيل الدورية . فيرد سكاليجر بأنه لا توجد ثلوج في اثيوبيا .

ويبدو أن فكرة الدورة الباطنية الضخمة المنبثقة عن البحر والعائدة اليه مقبولة ومنتشرة وقد قدم عنها الأب كرشر Kircher ، في منتصف القرن السابع عشر نظاماً مثالياً في رسمة فخمة فيها تحل فرضية النار المركزية محل الضغط الذي ابتكره سكاليجر . النار تطرد الماء الى اعالي الجبال . ولكن الصعوبة كانت في معرفة السبب الذي يجعل المياه الآتية من البحر تتدفق بشكل مياه عذبة . وقد نسي سكاليجر الانهار الباطنية التي تكلم عنها ففسر ذلك بأن الأرض تلعب دور المصفاة وتحتفظ بالملح البحري . وهنا أيضاً يقدم برنارد باليسي Bernard Palissy الحل الصحيح :

يتبخر الماء من البحر ومن الأراضي الرطبة ويشكل انواء تعود فتنزل بشكل امطار . اما الدليل على ذلك فمقبول تماماً : يعترض باليسي على فرضية مجاري المياه الباطنية التي تصعد من البحر الى الينابيع فيقول ان هذه التيارات غير محتواة ضمن قنواة مضبوطة وعازلة ، عندها يخرج الماء من اقرب ثقب يجدْ. واذا اعترض عليه هو ايضاً بدوره بأن مياه المطر بحسب نظامه ، الآتية من البحر يجب ان تكون مالحة فيجيب بمثل بحرات الملاحات : « هكذا اجد ان الأنواء المرتفعة من مياه البحار ليست مالحة . لأنه اذا كانت الشمس والهواء تشلف الماء المالح من البحر لاستحال تكوين الملح». وكل هذا يرتكز على واقعية فيزيائية ملحوظة خاصة وان باليسي يكون عن الماء فكرة معقدة جداً. ونضيف ان باليسي فهم جيداً ان مياه الأمطار تترشح من خلال قشرات شفافة تسريبية ثم تترسب فوق قعر صخري او صلصالي . وقد فهم ايضاً بصورة جيدة وجود المستنقع الجوفي وسبب تغير مستواه . وتلعب المياه الحارة دوراً كبيراً في العلاج الصحي في القرن السادس عشر خاصة عند الأطباء من ذوي الميول المتعصبة للكيمياء . الذين يرون ان هذه المياه تستطيع اعطاء المريض مواد مصنوعة مباشرة من قبل في مختبرات داخلية باطنية . ومن هؤلاء باراسلس Paracelse وغيره ممن لا ينتمون الى مدرسته .

وكثرت الملاحظات والنظريات حول طبيعة المياه وتركيبها . ويوجد في بعض الأماكن من جبال الألب والبيغور Bigorre مياه ضارة ، تولد الغدة الدرقية . وقد أشار اليها بلتييه Peletier وباليسي Palissy وبالمقابل هناك مياه شافية ، بفضل الأجزاء التي تذيب او بفضل حرارتها ، التي يطلب البشر جميعا ، منذ أقدم العصور ـ شفاء امراضهم بواسطتها ـ

ويرى باليسي ان هذه المياه الحارة ، « تسخن بنار باطنية من الكبريت والفحم الحجري ، والتراب والزفت » الذي تشعله ، ربما ، شرارة تنقدح عن زحف « حجر صواني » . والقار كما يقول اغريكولا Agricola أيضاً . وكان العياديون الأوائل والأيدرولوجيون يطلبون من تحليل المياه (تقطير وتركيز وتبخير وهراسة وتذويب الرواسب) معرفة سر خصائصها . وهكذا تصرف غونتيه داندرناخ Gontier d'Andernach ، وكذلك تصرف ليونهارد تارنيسر Leonhardt Thurneisser في كتابه بيزون Pison سنة 1572 . وكذلك أيضاً باراسلس الذي وزع الأجسام والأمراض بحسب المبادىء الثلاثة الأولى: زئبق وكبريت وملح ثم اسند الى هذه العوامل الخصائص الحرارية المائية . أمّا باري Paré فهو انتقائي أكثر فميز بين الحمامات : كبريتية وألمنية Alumineux وقارية ونحاسية وحديدية ورصاصية وجيسية . ومنجم الحديد هو الذي يعطي خاصيته لمياه سبا Spa . والملح المشترك هو الذي يشحذ مياه بعض الآبار في اللورين Lorraine في منطقة البيارن ، ولكن الزيوت والأملاح مثل الفيتريول والكبريتات والشبّ قد تجعلها مضرة (باليسي وبلتييه) .

وعمل العلم والدعاية على انشاء مراجع لهذه النابيع الصحية بقلم ميشال سافونارول Michele Savonarole (اومنيبوس مانـدي بالني Omnibus mundi balneis بولونيا 1493)وبقلم ريماكلوس فوش Remaclus Fuchs من لياج (استوريا امنيوم اكواروم Historia omniun aquarum

باريس 1542) ، وجسنر Gesner (بالنيز balneis 1553) ، وفالوبيو Fallopio (ترماليباس Thermalibus ... البندقية 1564) ، ومارتان رولان Martin Ruland (ايدرياتيس 1568 Hydriatice ، واندريا باكشي Andria Bacci طبيب سيكست كانت Sixte Quint سي(ترميليري Thermislibri ، البندقية 1571) .

واخذ الزبائن يؤمون هذه المناجع التي مهد لها الغاليون (بلومبير Plombières ولوكسي Luxeuil) والرومان . ويدلنا البير دورر Albert Dürer في اكس لاشابيل Aix - la chapelle على السابحين وهم يخرجون من البرك على اصوات الموسيقى . واجتذبت كارلسباد Carlsbad جرحى الحرب . اما الفرنسيون في القرن السادس عشر فكانوا يذهبون الى بوغ ، وإلّه الغاليين القديم للينابيع الصحية ، بورفو Borvo ما يزال يغطي برعايته بوربون دارشو مبولت وبوربون لانسي وبوربون . وفي جنوب فرنسا توجد بالاروك Balaruc وباريج Barèges . وكان هنري الثاني في نافار Henri II de Navarre قد طلب مياه أوبون Eeaux -Bonnes ان تُلْئِمَ جراحه في بافي Pavie . اما مارغريت دي نافار Marguerite de Navarre فاستحمت بمياه كوتيري Cauterets سنة 1546 - 1547 . اما متتجعات أوروبا فقد وجدت في ميشال دومونتاني Michel de Montaigne زائراً مُلِحّاً إنما خائباً .أما بقية الينابيع الأخرى فليست إلا مجتذباً للفضوليين . يقول بيلون ان الماء في بعض الأماكن يغور ويتحول الى حجر . من ذلك مثلاً نبع سان البر Saint-Allyre في كليرمون والذي زاره الملك شارل التاسع وقد ذكره بلفوري في كتابه المسمى كوسموغرافي أونيفرسل (1575) .

علم المعادن : ان علماءنا غير مستقرين فيما يتعلق بالحدود القائمة بين الممالك الثلاثة في الطبيعة ، ذلك ان سلم الكائنات يقدم لترددهم كل الانتقالات المرجوة . فهم قد دونوا في المرجع المعدني منتوجات ذات افراز عضوي مثل اللآلىء ورسوبات باثولوجية مثل البيوزار ، وايضاً حيوانات مجهولة ، وقد صنف كاسيوس Caesius بين الأحجار المرجان التي صنفها انسيليوس Encelius كاثمار بحرية او كنبتة تجمدت . وبالنسبة الى انسيليوس ذاته يعتبر الأسفنج كائنا وسطاً نصفه حيوان ونصفه نبات . وهناك التباسات اخرى فيما يتعلق بالمجال النباتي . كالبخور والكافور اللذين يصنفهما كاسيوس من بين العصائر المحددة . اما الكهرمان الأصفر وهو نوع من البطم الخارج من الينابيع الخفية والمتجمد بفعل برودة ماء البحر والذي تقذفه الأمواج على الشاطىء . يقول بيلون Belon : « يجب ان لا نطمئن الى تسميات الأشياء المسماة من قبل العامة ، اذا لم تكن التسمية منطبقة على الأوصاف التي وضعها الأقدمون» . ولكن للأسف قد تكون هذه الأوصاف في بعض الأحيان مختصرة للغاية وتكون المصادر من ابشع ما يكون تشتتا . وهناك مصادر اغريقية ولاتينية (وقد استمد رابليه الفرنسي معلوماته حول المعادن من بلين) وهناك مراجع عبرية وعربية مأخوذة من قانون ابن سينا او من الخيميائيين . والكل منقول ومدون في المراجع الوسيطية (المشكوك بامرها) (عن لابيدير Lapidaire ارسطو باللاتينية وهو مزور) او في المجموعات الكبرى مثل مجموعة ايزيدور ، ومجموعة البير الكبير ومجموعة فانسان دي بوفيه Vincent de Beauvais وغيرهم . وبالتالي فان هذه المراجع فيها اخطاء كبيرة في القراءة وفي الترجمة كما فيها معانٍ متناقضة .

ان التصنيف يوقع في الابهام مع اضافة الى التسميات المتنوعة : عبرانية (سردوان من سارد أي أحمر)؛ وعربية (تينكار=بورات الصود؛ قدمية=كادمي، تالك= تالك)، وفارسي مُعرب (بوراه، عربي بوراغ = بوراكس، لازورد = لازوليت) . هذا دون الاشارة الى الاستعارات من اللغة الأغريقية اللاتينية الكلاسيكية ذات الاستلهام الأسطوري (أيتيت) والجغرافي ؛ الموروفولوجي (مورفولوجيا او علم التشكل) . . . حتى ان كلمة بازالت مشتقة من اللغة الحبشية .

ضمن هذه الخلائط الصوتية من السهل الضياع . واذا ظل الشراح حائرين ، فان كل مستعير من الكلمات القديمة يطبقها على هواه . وكلمة بازالت ، وهو اسم اطلقه اغريكولا Agricola على الصخور السوداء البركانية ، الموشورية في منطقة الساكس Saxe ربما ليس هو الاسم المأخوذ عن بلين (Pline) .

وبعد المشكلة اللغوية تطرح مشكلة التصنيف . فبعد التخلي عن التصنيف الأبجدي ، في نظام الأسماء اللاتينية ، عاد المعنيون الى أطر نظام المشاهدة العينية والنظام التجريبي اللذين وضعهما ارسطو Aristote وتيوفراسط Théophraste : المتحجرات ، المعتبرة من اصل ارضي ، والمعدنية ، المفترضة كذلك لأنها قابلة للذوبان ، من منشأ مائي ، رسيمة عاد اليها بلين الذي يميز بين المعادن والتربة والأحجار والجوهر. واستعمل انسليوس Encelius التقسيمات الفرعية المشابهة ، وكذلك آغريكولا الذي ميز بين متحجرات ومعادن . والمتحجرات تارة تكون غير متبلرة،لا شكل لها ، سهلة التفتت وغير متماسكة (التراب) ، ومرة متماسكة (كالصخور) ، اما ضخمة او مركزة (كالعروق والعقد) ، وطوراً متجمدة (متبلورة) او شفافة الى حدٍ ما (اشباه المعادن ، هيالين ، والجواهر). يضاف اليها الكبريت والأملاح .

1 ـ التراب: يقول باليسي Palissy ان المحصولات المسماة « تربة » « هي مواد لا يمكن ان تتبخر أو تتسامى بفعل النار . ان هذه الكلمة تشمل قشرات غير متبلرة ومبتذلة ، اما منقولة ، او طرية قابلة للجرح كالطبشور او لزجة مثل الفخار والصلصال الأبيض ، ولكن هناك صلصالات اخرى، رملية وخزفية وشاربة مبتلعة ، هذا دون ذكر تربة لمنوس Lemnos المسماة بالمدفوعة ، والتي تعتبر ترياقية ، ثم التربة القابضة الممسكة في ساموس Samos وشيو Chio ، والتربة الذروية Cimolée في جزيرة كريت ، ثم التربة اللزجة ampélitude التجميلية والقاتلة لدود العرائش .

2 ـ الصخور الضخمة: الصخور (ساكس ، انسليوس) ،اما ان تكون ورقية (الشيست) ، أو رملية (مثل الغريس ، ساندرستين ، انسليوس) ، او متماسكة كثيفة ، ولكن احياناً متعددة الصفائح (ويشير آغريكولا الى الأعمدة الباليسيتيكية في ميسني) ، أو زجاجية (الصوان ، ساكسوم ، كارنوتوم هورنستين عند انسليوس) .

3 ـ العروق والسلاسل الصخرية: ان العناصر المعدنية المختلفة : طبقات وعروق وسلاسل وخلائط او متبلرة ، تعزى ، برأي آغريكولا ، الى امتلاء الحفر القديمة المفتوحة بفعل تقبب الجبال او

الاندفاعات والهواطل الفيزيائية : كما يفهمها بلين وتيوفراست ، والتبخرات الحارة والناشفة ، او مستحدثة كما يقول بللو Belleau « بجفاف رطب ، ورطوبة جافة ، مطبوخة تكراراً بالحرارة أو مجمدة بالبرد » .

واثبات السبيل الرطب اللزج يقدمه لنا « انهيدر » (enhydre) الأقدمين وآغريكولا ، و« الحجر الباكي » لبللو. ويشدد باليسي على العنصر الأخير (التلزج ، التخثر ، التجمد) ويذكر « المياه التجمدية » التي تندفع وتيبس المواد التي كانت ذائبة في الأساس ، وهذا هو حال بلور الصخور وغيرها من الحجارة الشفافة ، كما ان الماء ينقلب الى جليد بفعل التجليد .

ومن بلور الصخر يذكر أنسليوس Encelius ، الموشورات ذات السطوح الثلاثة او الستة . ويذكر باليسي Palissy مربع الزوايا والاهرام والمثمن ، وقد رأى على اردواز الأردين البيريت (كبريت الحديد) والماركاسيت اللماع بشكل كشتبان أو بشكل مربع » ، وفي مقالع مونمارتر كان الجفصين يتشقق الى صفائح « رقيقة كصفائح الورق ، . . . وبصفاء الزجاج » . ولكن أحداً لم يفكر أن يحدد نوعية هذه البلورات جيومترياً .

4 ـ **الأملاح** : ان التمييز النوعي صعب كما سنرى. نذكر ان كلورير الصوديوم معروف منذ القديم بشكلين : الملح البحري وملح المناجم مثل مناجم بولونيا ، بالزبورغ وستاسفورت . وقد تكلم عنه آغريكولا وباليسي كثيراً .

أما « النطرون» فهو اسم مبهم عند القدماء. ويدل عند بلين Pline على أوكسيدات ملحية مركبة ومعقدة نوعاً ما ، وفيه يسيطر كربونات الصود ، وينطبق ، كما يقول آغريكولا Agricola والدروفاندي Aldrovandi على الأملاح المترسبة في مغاورنا (نترات البوتاس) . ويطبق بيلون Belon اسم النيتر على النطرون (كاربونات الصود) وقد شاهد فَوَرَانَهُ وتزهره بين القاهرة والقدس . وتمشياً مع الأقدمين يخلط آغريكولا النطرون مع البوراكس (تنكر ابن سينا ، كزيزوسيل، اوكتورم) .

5 ـ **الجامات Les Gemmes** : الكتابات عن الجامات كثيرة . ولكن تحديد ماهياتها يبدو احياناً صعباً . وقد إخذ رابليه Rabelais عن بلين عن المجوهرات التي كانت تتزيا بهاراهبات تلميت. وعن فضيلتهن نظم ماربود Marbode شعراً في القرن 11 . كما أن جيل كوروزت Gilles Corrozet يذكرهن في « بلازون دومستيك » (1539) ، وجان لاتاي Jean de La Taille في « بلازون دي بيار برسيوز» (واجهة الأحجار الكريمة) (1572) ، وريمي بللو Remy Belleau في قصيدته« آمور وايشانج دي بيار برسيورز » « حب وتبادل الأحجار الكريمة » (1576) . هذه الفضائل الكامنة لم تكن موضع شك . ويؤكد كامبنيلا Campanella ان المرجان (الأحمر) يتغير لونه فوق جلد محموم ، ويضيف بللو ، ان الفيروز (الأزرق) يتغير لونه ويشحب فوق جسد مريض .

6 ـ **المعادن وهندستها** : اشرنا الى الدور المسند الى الكواكب في «هندسة المعادن » «métallogénie» ، والمؤكد «بالتسمية الحروفية الخيميائية » التي تعزو الذهب الى الشمس ، والفضة

الى القمر والرصاص الأبيض (القصدير) إلى (جوبيتر) المشتري .والرصاص الأسود الى زحل والنحاس الى (فينوس) الزهرة ،والحديد الى (مارس) المريخ ،والفضة الحية (الزئبق) الى عطارد مركور . ثم انه يجب التمييز والتفريق . فقد وزع باراسلس ودوشن Duchesne المعادن الى طبقتين : الكاملة مثل الذهب والفضة ، والناقصة كالحديد والنحاس والرصاص والقصدير واليها اضاف بـاليمي الانتيموان اذ يعتبره « بداية الرصاص والفضة » . وهذان هما ، بحسب اقوال الخيميائيين ، مشوهان بمزيج من الكبريت والزئبق وبنسب تتنوع بتنوع الأجناس ، والتي يجب ابعاد الكبريت عنها حتى يعود لها كمالها .

ويرد ج اوبرت J. Aubert بأنه لا توجد معادن كاملة او غير كاملة . فكل معدن يتوفر له شكله او كماله الأول يعتبر كاملاً في ذاته وهو يحتل غطاً جوهرياً اراده الله له وليس لأحد ان يغيره .

هذه الحجج المدرسية لم تقنع لادوشن Duchesne ولا هوتمان Hotman ، في حين استمر آغريكولا في الشك بامكانيات الكريزوبة (Chrysopée) . وهكذا نجد انفسنا مرتدين الى العقلانية الأرسطية، التي زكاها البير الكبير Albert le Grand وتوما الأكويني Thomas d'Aquin، فسعت الى اعادة تشكيل الكون في المجرد مهتمة فقط بالكيانات الفيزيائية والميكانيكية في المستوى الطبيعي : الممتلىء والفارغ ، الحركة والسكون ، الصفات الأربع (الحر والبارد والرطب والجاف) المردودة الى العناصر المكونة للعالم المادي: النار، الحر، الجفاف؛ الماء: بارد ورطب؛ الهواء: حار ورطب؛ والأرض باردة ونلشفة . وبحسب أرسطو ، تتولد المعادن من الأرض بفعل التبخرات الجافة والرطبة ، تحت تأثير الحركة ونور السماء . الا ان البير الكبير ينكر تماماً فعل البرد . ولكن ج .اوبير يعلن ان السبب الأقرب هو اما الحرارة او البرودة . والحرارة الباطنية تخرج أبخرة معدنية خاصة تتجمع في الفسوخ تحت تأثير البرد والزمن ، بشكل مختلط يأخذ بالتكثف تدريجياً ، ويتصفى ويتركز اخيراً كمعدن .

لم يكن كل شيء خيالياً في هذا الكلام ، فأصحابه كانوا يفسرون الظاهرات الفيزيائية والكيميائية بلغة وبلعثمة تجربتهم المتلمسة . أما الأرواح عندهم فلم تكن غير الأبخرة المعدنية للنظام الغازي المتصاعد من البراكين ، أو أبخرة المياه المحيطية . قال ليبنز Leibniz « ان جيل أشباه المعادن توضحه الكيمياء » في كتابه ، بروتجي Protégée . ولكن الكيمياء يومها لم تكن إلا في بداياتها . أما فضيلة العصا الدلالة ، والتي ما يزال المفتشون عن الماء يستعملونها في أيامنا ، فربما توافقت مع علم مسبق بوسائلنا الاستكشافية الجيوفيزيائية . ان القوى الخفية في الطبيعة والتي كانت غير مفسرة ، ألم تعبر عن نفسها بعناد البوصلة في الاشارة الى الشمال ، وبالجذب الذي يحدثه المغناطيس في الحديد ، وفي الكهرمان والعنبر المحكوكين على الجاف وفي القش ؟

التقنيات المنجمية والزراعية ـ أدى استثمار المقالع والمناجم الى ازدهار أدب كامل تقني وتعديني: في إيطاليا، صدر كتاب بيروتكنيكا (Pirotechnica) لمؤلفه فانوكيوبيرنغوشيو (Vannocio Biringuccio) من «سيِّنا» (1540) .

في اسبانيا كُتُب د. بيريز دو فارغا Perez de Varga (De re metallica 1569) ، دو فيللافينـا (1572) في ألمانيا : كُتُبُ ليبافيوس (Libavius) ، وويز (Weiner) وماتيزيوس (Mathesius) ، المشوبة بالخيمياء ؛ وكُتُبُ انسليوس (Encelius) (ري متاليكا) (1551) ، وكتاب لازاريـوس اركر Ercker (1573) ، الـذي اهتم بـالتعـدين وبـالتحليـل الكيمبـائي لاشبـاه المعـادن . ولكن المعلم الكبـير هـو اغريكولا ، صاحب الكتاب العملي أولاً ، الدال على فن اكتشاف وسبر وقياس القشرات المعدنية (وهو يقول باستعمال البوصلة ، ولكنه شكّ في قدرة الشعبة أو العصا الاستكشافية) . ولكن هذه الكتب ، الأكثر تخصصاً من مجموعات جسنر (Gesner) أو الدروفاندي (Aldrovandi) ، انما باللاتينية ، موجهة للتقنيين . ويجب أيضاً الالتفات الى المقاولين البسطاء الذين كانوا بحاجة الى كتب أسهل تناولاً مكتوبة بلغتهم الـوطنية . وهنـا يذكـر « البرغبـوكلين » (Bergbuchleiun) لأوغسبـورغ (1505) ، المؤلف في فريبرغ من قبل أولريخ فون كالب (Ulrich von Kalbe) (كالبوس) . وهناك ترجمة أولى لكتاب (ري ميتاليكا) لأغريكولا ، ظهرت في بال سنة 1557 . أما بـاليسي ، فقدم بـالفرنسيـة ، ولسبب بديهي ، نتائج أعماله ، « كعامل في الأرض » « وكمخترع خزفيات ريفية » .

وفي أغلب الاحيان كانت المجاعة ، المنبثقة عن الحروب وعن عوامل الطبيعة ، تفـاقم هم الخبـز اليومي . وعكف مجـددو علـم الزراعـة ، مع اوليفي دي سر (Olivier de Serres) على « العناية بالحقول » . فميزوا ، مثل ش. اتيان وج ليبولت (G.Liébault et Ch.Estienne)، بين أنواع الاراضي الصالحة لمختلف الزراعات ، وفتشوا عن الوسائـل لتحسين الانتاجيـة . وبانتـظار الاستصلاح بالكلس ، كانوا يمارسون التتريب الذي قال به باليسي واوليفي دي سر .

علم غير أكيد ـ ان علوم الارض ، كانت موزعة بين البحوث العامة حول نظام العالم ، وبين الطب والكيمياء ، وفن التعدين والزراعة ، ولهذا لم تستطع اكتشاف هدفها ولا أساليبها . ان كـل تراث ، يقدم عاداته الفكرية ، والاجماع يتم بسهولة اكبر في المعتقدات غير المعقولة اكثر مما يتم من خـلال المعارف الـوضعية . وليس بعيـداً عهد أمثـال كوبـولتس(Kobolts) ونيكلس (Nickles)، الشياطين المألوفة في المناجم، والتي يبدو ان اغريكولا قد قبل بوجودها ، ولا القول بوجود قوى خفية تعمل في المختبرات الباطنية في الطبيعة . والواقع انه وراء التيارات الرئيسية التي تتصادم : أرسطية وكيميائية وفيزيائية ، ثم الاتفاق من اجل البحث عن الاسباب القائمة : فبالنسبة الى كل علماء القرن السادس عشر ، كانت الطبيعة دائماً هي الابداع . وهذه القناعة اتاحت التوصل الى ملاحظات عظيمة خاصة في مجال الظاهرات الفيزيائية . فبعد النظريات حول نشأة الكون (كوسموغوني) التي سادت في القرن السابع عشر ، وحتى بعد انجازات ستنون Sténon ، اكتشف علماء القرن 18 باندهاش المؤلفات المنسية لبرنارد باليسي Bernard Palissy .

الفصل الثاني :
الكيمياء

I ـ التطبيق والنظرية الموروثان عن القرون الوسطى

لقد جذبت اللغة البسيطة في كتب الخيمياء ، كثيراً فضول المؤرخين اكثر مما جذبهم المضمون التقني لهذه النصوص . وعلى هذا فالكيمياء من القرون الاولى ظلت في نظر الكثيرين العلم السباجيري للكتاب الصوفيين. وتكون عنها جدول من التصورات الغامضة البعيدة كل البعد عن الظاهرات المحددة التي ولدتها . وتجمدت نظرية العناصر الاساسية ونظرية المبادىء النوعية امام خرافة التطور الاستكمالي للمعادن . وغزرت المعجمية الرمزية على حساب تحليل دقيق للمعارف الكيميائية الحقة في ذلك الزمن .

لا شك أنه لا يجدر بنا أن نلغي من تاريخ الكيمياء هذا النزوع الصوفي الروحاني الذي عاش في ظله كيميائيو القرن الخامس عشر والسادس عشر . وتأثير هذه النزعة بدا محسوس الوطأة حتى أواخر القرن الثامن عشر . ولكن ومن اجل الحصول على فكرة اكثر وضوحاً عن كيفية صيرورة الكيمياء علماً حقاً ، من اللازم ان نحاول تحديد ماهية المعارف المعينة في كل حقبة. والرسمة التي يمكن ان نضعها عن الكيمياء في منتصف القرن الخامس عشر لا تختلف كثيراً عن رسمة القرون الوسطى لان هذه المعارف ظلت تقريباً جامدة .

اكتساب المعارف عن طريق الممارسة والتطبيق ـ بخلاف رأي عام مقبول ، لم يكن الخيميائيون العقائديون هم الذين وضعوا الاسس الاولى للكيمياء بل التطبيقيون .

ومهما صعدنا في الزمن فلا يمكننا أن نجد حقبة لم تتملك تطبيقاً راسخاً لمختلف الاساليب التقليدية .. لا شك أن أول تفاعل كيميائي استحدث اصطناعياً من قبل الناس كان التأكسد، والثاني تحويل الاوكسيد المعدني. الا ان العديد من عمليات معالجة الاجسام العضوية كان معروفاً مثل تخمير الحليب او المستخرجات النباتية ، ومثل اعداد الخل واستعماله .

وعلى هذا، وقبل بدء الحقبة التاريخية بزمن بعيد، كانت هناك تطبيقات بدائية لصناعة كيميائية ، موجودة. وما زالت هذه التطبيقات تتطور، في العدد اولاً . فقد كانت التخميرات تستعمل من اجل

اعداد الاطعمة والاشربة وكان الإفساد والتعفن يساعد على استكمال تعرية جلود الحيوانات ، وفيما بعد ساعد التعفن على تعطين الخيوط النسيجية من اجل الحصول على احد اقْدم المركبات الكيميائية المعروفة وهو ملح الامونياك . وكانت المعالجات التي أدت، على مَهل الى وضع وسائل الكيمياء العضوية قد استعملت في بادىء الامر لاستخراج الملونات والعطورات النباتية

لا شك أن تشكيلة الملونات قد تكونت ، قبل استخدام المنتوجات النباتية ، بفضل مواد شبه معدنية اخذت من الارض . إذ حتى في أيام الانسان النياندرتالي كانت كتل اوكسيد المنغانيز قد استخرجت من مواطنها وحُفَتْ من أجل الحصول على مادة ملونة . وقد عثر علماء الاثار ايضاً على هياكل بشرية ملونة بالاحمر تعود الى عصر السولوتريان والى عصر المكدالينيان مما يدل أنه منذ عصر الرنّة كان استعمال الملونات شبه المعدنية معروفاً . وقد استخدمت كل هذه السلع من قبل الفنانين الذين زينوا جدران المغاور واستعملت ايضاً من قبل الصناع الذين اخذوا بعد ذلك بقليل يصبغون نسيج الالبسة . وبمقدار ما ترسخت صناعة النسيج على سطح العالم المسكون ، تعلم الناس على تمييز ثم على اخذ التربة الملونة من ارضهم ، أي أنهم اخترعوا الوسائل الاولى لفصل المركبات الطبيعية . وامتدت معارفهم ايضاً الى منتوجات خارج بلدهم مثل حجر الشّب الذي أصبح موضوع تجارة ناشطة . وربما كانت تجارة الملونات النباتية وشبه المعدنية ومشتقاتها هي التي ساعدت اكثر من غيرها على توحيد المعارف الكيميائية لدى مختلف مجموعات السكان .

وأدت صناعات النار ، التعدين من جهة ، والسيراميك من جهة أخرى الى دراسة تركيبة اشباه المعادن والارض . ونتج عن ذلك أن المواد الاولية قد انتشرت بشكل واسع فوق سطح الارض ولم تكن القيمة التجارية لاغلب هذه المواد تكفي لتغطية نفقات النقل البعيد. فتربة القصدير والزئبق التي كانت مناجمها معروفة ومحددة كانت وحدها تشكل منذ العصور القديمة موضوع تجارة مهمة ، ومعها انتشرت في العالم المتمدن كبريتات الانتيموان والزرنيخ التي ذاع صيتها بسرعة .

وكانت كبريتات المعادن من بين كل المركبات شبه المعدنية الاكثر استخداماً ودرساً حتى يمكن القول انه حتى القرن الخامس عشر كان علم الكيمياء بصورة اساسية كيمياءً كبريتية .

نقل المعارف ـ كانت الكبريتات والاوكسيد والسلفات المعدنية وبعض الاملاح القلوية والكربونات والكلورورونيترات هي الاجسام التي تعلم بها البشر بدايات الكيمياء . وتكون عبر العديد من أجيال الصناع والشغيلة تراث سرعان ما انتقل شفوياً ، ثم ثبت كتابةً ربما في مطالع القرون الاولى من عصرنا. ووصلت النصوص، التي اضاف اليها الشراح والجامعون والمترجمون، الى معارف العالم الغربي ابتداءً من القرن الرابع عشر . واغلب هذه الكتب هي معالجات تقنية حول الصباغ والصياغة. وكلها تقريباً محكومة بالفكر الخيميائي حتى ولو لم تكتب باللغة الباطنية التي هي واجهة الخيمياء الصلبة . ولا تتدخل اللغة الرمزية الا في وصفات الاعمال الكبرى. وما عداها توصف الوسائل العادية للصباغة مثلاً بلغة عادية . الا ان اسلوب هذه الكتب يدهش القارىء غير الواعي

ويضلله . فالتعبير غامض بالطبع . واذا كان المؤلف موزعاً بين الرغبة بالظهور بمظهر العالم، والخشية من افشاء اسرار تقنيه ، فانه يبقى رغم ذلك اقل ضيقاً من الخيميائي الذي يحاول ان يغطي جهله بالاسرار الاسطورية وبلغة غامضة مقصودة .

ومن المفيد ان نشير الى ان استعمال الاشارات الخيميائية قلما ذهب الى ابعد من القرن الخامس عشر وانه لم ينتشر ويشيع الا على يد الكيميائين من القرن السادس عشر الذين كتبوا باللاتينية. كان الاغريق قد استعملوا بعض اشارات مأخوذة عن الكواكب للتدليل على المعادن، الا ان العرب تركوا هذا الاسلوب الذي عاد وظهر بصورة تدريجية في مخطوطات القرن الثالث عشر والرابع عشر باللاتينية .

تدخل الخيميائين ـ ما كانت الاحتياجات التقنية للصباغة وللتعدين ، تكفي وحدها لجعل المعارف المكتسبة حتى القرن الخامس عشر ، مجملاً مهماً. فهذه الاحتياجات ، لم تكن تقتضي الا عدداً محدداً من الوسائل التي لم يعمل التطور البطيء والعام للصناعة على اكمالها أو تكاثرها . واستخدام الكبريتات والاوكسيد المعدني لمعالجة المعادن لم يكن ليثير الملاحظات الكثيرة حول خصائص المركبات وتفاعلاتها المتبادلة . واعداد الملونات لم يكن يحمل على التجربة العميقة التي تتجاوز عمليات الاستخراج والطحن والتركيز فيما يتعلق بالملونات النباتية . وربما أدى استعمال الأكّالات الى العمل على مراقبة خصائص الشَبَّه . وهذا الاستعمال جعل المعالجة بالفيتريول مألوفة وجرّ الى استحضار الحوامض حوالي القرن الـ12 أو القرن 14 .

وفي الواقع اذا كانت معرفة الاجسام وتفاعلاتها قد نمت في اواخر الحقبة الوسيطية فذلك لان الخيميائين استهدفوا مقاصد أخرى غير صناعة الملونات والمعادن . انما يجدر أيضاً أن لا يعطى الحلم التقليدي في تحويل المعادن الوضعية الى ذهب تأثيراً بالغاً في عملية التنمية هذه . فالفلسفة الصوفية الروحانية حول المادة التي ترافق وصفات حجر الفلاسفة بدت متطورة خصوصاً في حقبة كانت فيها الخيمياء التقليدية قد تخلفت . وفي الواقع لم تلعب هذه الفلسفة اي دور تاريخي في صنع علم الكيمياء .

المذَهِّبون والصاغة ـ لقد كانت اكثر اهمية بكثير الاساليبُ الحرفيةُ لدى المذهبين والصاغة ، اساليب تشكل جوهر الوصفات الخيميائية . فقد لعب الذهب ومزائجه دوراً عالي القيمة منذ أقدم العصور. كما دلت اسماء كثيرة على المزائج الذهبية والفضية التي كان تحضيرها مدوناً في المجاميع التي وضعها مؤلفون في القرون الوسطى . وتدل هذه الوصفات على أن هدف هذه العمليات لم يكن تحويل هذه المعادن الى ذهب ، بل اعطاء المزيج المعدني المحروم من الذهب، او الذي فيه معيار قليل منه ، مظهر المعدن الثمين وذلك باستعمال النحاس والكبريتات الزرنيخية والاوكسيدات الملونة .

وفي مطلع العهد الاسكندري عرف الكيميائيون والصاغة عدة اساليب لتحليل الخلائط أو المزائج الذهبية والمعادن المختلفة مثل الفضة والنحاس والرصاص . وكانت التنقية تقْرَن باستعمال

الكبريت ، والسولفورات المعدنية والاملاح المتنوعة. والى هذا التاريخ تعود ايضاً الطرق الاولى لتمويه الذهب. وسرعان ما طورت هذه الطرق، وفي حوالي القرن السادس من عصرنا كانت مجموعة الوصفات التي قرأها الكيميائيون من جيل باراسلس (Paracelese)، مكتملة، وكانت المواد الحاصلة في أغلب الاحيان من سولفورات الزرنيخ ، وكانت تسميتها « تذهيب » أو « تلوين بالذهب » تدل على باعث الاهتمام بها .

كيمياء التذهيب ـ كانت مركبات الزرنيخ قد وضعت بيسر في صميم هذه الكيمياء التذهيبية ، بفضل عدم استقرارها الذي يجعلها سهلة التفكيك ، سهلة الاعداد ، فضلاً عن تنوع مظهرها بحسب ظروف تحضيرها . وكانت تعرف باسماء متنوعة ، فالى جانب « التذهيب » كانت التعابير الاكثر تداولاً : الزرنيخ الاحمر ، والسندراك = (صمغ السندروس)،والزعفران ، كلها تدل على سولفور اصفر أو احمر منه يستخرج الزرنيخ المعدني . ومنذ القرن الخامس كانت مستحضرات الاكسدة بالزرنيخ معروفة . وكانت كلمة زرنيخ بالذات تدل على مستحضرات التحميض، وعلى اوكسيدات الزرنيخ واملاحه . اما الزرنيخ المعدني ، فقد كان يعتبر، حتى في عصر قريب نسبياً ، « زئبقاً » .

هذا التقريب يجب ان لا يؤول . فقط وكأنه لَبْسٌ بين الجسمين . فبعض الاجسام قد شُبِّهت بغيرها الى الحين الذي تمّ فيه عزلها وتحديد ماهيتها بشكل نهائي . وهذا هو حال الانتيموان الذي لم تتحدد ماهيته الا في اواخر القرن 14 . أما الزرنيخ والزئبق ، فقد تمّ التمييز بينهما باكراً . وتمت تسمية احدهما بالاخر ، بسبب ما بينهما من خصائص مشتركة ، وبصورة خاصة ، تفككية المركبات الكبريتية او المؤكسجنة من الجسمين ، وسوف نعود الى هذه النقطة . ورغم هذه الغموضية في التعابير فان كيميائيي ذلك العصر كانوا يعرفون تماماً مع أي جسم يتعاملون. فقد كان التعامل يدلهم بوضوح .

وقد لعب « الزئبق » ـ وهو المعدن الذي نسميه بهذا الاسم اليوم ـ دوراً كبيراً في كل كيمياء تلوينية . فقد كان معروفاً منذ العصور الرومانية ، بشكله الاولي او بحالة تربة كبريتية .

هذه التربة، السهلة التحويل،ساعدت على اعداد الزئبق المعدني،الذي أصبح صناعة مجدية. ومنذ القرن الخامس من عصرنا ، كان بالامكان اعداد « الاحمر الزئبقي » اصطناعياً ـ المسمى « بالقرمز » منذ تلك الحقبة ـ انطلاقاً من المعدن والكبريت . وقد استعمل اسم الاحمر الزئبقي (سينابر) واسم « مينيوم » ، في مخطوطات القرون الوسطى ، للدلالة على المركبات المعدنية ، والسولفور او الاوكسيد، ولكن في اغلب الوقت كان من الممكن التعرف على كبريتات الزئبق .

ويُفهم من هذا كيف ان تحويلات الزئبق بدت ، للمراقبين الاولين ، وكانها مفتاح بعض اسرار الطبيعة . فالتربة اذا حرقت افرزت المعدن الذي يتقطر . وبالعكس ، يتصاعد السينابر من خليط من الكبريت والزئبق بمجرد التسخين . ويتم الانتقال بهذا من مادة معدنية الى مركب احمر بمجرد التسخين المعتدل الطويل المدة. ويعمل التأكسد على كشف المعدن من جديد عن طريق التكلس . وقد أثارت

هذه التحولات ، تفسيرات بديعة حول طبيعة المعادن واوحت بوسائل تمكن من اعطائها الخصائص المرغوب باعطائها اياها . هذه الظاهرات التي كان من المفترض ان تستلفت انتباه الكيميائيين ، قد كشفت لهم ، من غير شك ، لا من قبل الخيميائيين ، بل من قبل منتجي المواد الملونة التي ما انفكت صناعتها تتطور .

تقنيات المزخرفين - في القرون الوسطى بحث الملونون والمزخرفون عن مواد تعطي الواناً جميلة ، وخاصة اللونين الازرق والذهبي ثابتين . وكانت الحجارة المكونة من خليط من الالومينيوم والسيليكات والصودا وسلفور الصودا ، والمعروفة عالمياً باسم لابيس لازولي، كانت تستخرج من فارس ثم من الصين . ولم يكن اعداد الازرق البحري بواسطة هذا الحجر معروفاً باوروبا الا في مطلع القرن الخامس عشر .

كانت هناك الوان زرقاء اخرى من السيلكات مثل الازرق المصري الذي كان يصنع في ايطاليا منذ عشرات القرون ، او من السمالتس المكون من الكوبالت الذي تكلم عنه سنينو سنيني Cennino cennini في النصف الأول من القرن الخامس عشر والذي كان يستخرج من ألمانيا أو من بلاد سيّان أو تستخرج من مركبات النحاس

وتدخل أملاح النحاس في عدد كبير من الوصفات التذهيبية . وكان نحاس هذه المركبات ينقل بواسطة معادن اخرى تشتق من السلفور غير المستقر مثل ذلك عندما يسخن المزيج . وبهذه الطريقة أو غيرها من أشباهها كان يمكن اظهار لون اصفر أحمر يعزى الى تكون الذهب. وربما تم هذا التمويه من قبل صناع قليلي الوجدان لزبائن بسطاء . ان الملصقات المذهبة فوق اجمل المنمنمات هي رقائق ناعمة من الذهب تلصق فوق رقائق بعد تجهيز خاص أساسه الغراء أو البيض .

وكانت وصفات هذه الاصباغ تكثر في المخطوطات الوسيطية وفي كتب القرن 14 والقرن 15، وكانت تتجاور مع وصفات الزينات الذهبية التي كان يستعملها النساخ والرسامون والصاغة من أجل صنع اشياء ذات قيمة متدنية ، حيث كانت اوراق الذهب تستبدل باوراق من القصدير مدهونة بدهان من كبريتات الزرنيخ. ولم يكن الغش بعيداً عن هذا التصرف الذي سرعان ما تطور. وليس من الباطل الظن بان الخيمياء قد تولدت في معظمها عن هذه الاجراءات .

الملونات شبه المعدنية والملونات النباتية - استعمل الملونون والمزينون ، اضافة الى الالوان الزرقاء الطبيعية ، والألوان الذهبية الطبيعية ، ملونات اخرى شبه معدنية . فكانت الأصباغ الحمراء تأخذ من تربة ملونة بأكسيد الحديد أو من بور فير سينيني Porphyre de Cennini واغريكولا Agricola والتي سميت فيما بعد باسم احمر فانديك (Van Dyck). أما الاصباغ المسماة ايماتيت للدلالة على الملونات العادية فكانت قديمةً جداً. والصلصال الأصفر هو أرض دلغامية تتضمن أكسيد الحديد. وتربة منطقة سيان هي صلصال ممزوج ببيواكسيد المنغانيز. أما الاخضر الملاشي فهو هيدروكاربونات النحاس. والاخضر اللازوردي ، الذي ذكره أيضاً سينيني هو تربة الكوبالت مخلوطة باملاح النحاس

والحديد والزنك . أما أبيض سان جان المشهور في اواخر القرون الوسطى فهو كربونات الكلس النقية المنشفة بالشمس. أما بياض الرصاص أو السروز (اسبيدج) فقد وردت وصفة إعداده في مخطوط اشوري وهي تشبه وصفة أعداده حتى ايامنا هذه : وذلك بتعريض لوائح الرصاص الى بخار الخل في اوعية محاطة بالدخان .

وتبدو لائحة الملونات المستخرجة من النباتات طويلة مثل لائحة الملونات شبه المعدنية . والمستخرجات من قشور الاشجار مثل الجوز أو الدردار وخشب البرازيل المعروف من قبل سينيني ، وجوز العفص ،وأصماغ الصنوبر والسرور والأرز، والصمغ الأحمر المعروف منذ عشرات القرون باسم دم التنين،وأصماغ الكرز واللوز وصمغ اللك ، هذه اللائحة تتضمن مستخرجات النباتات المستعملة قديماً مثل الزعفران والنيل (الانديغو) المستوردين من البلاد الشرقية .والفوّة التي تمت زراعتها في غالية الفرنكية منذ القون الخامس ، والباستل (العظلم) الذي كان يزرع بغزارة في بيكارديا ولانغدوغ منذ القرن الثاني عشر .

أما أفضل الالوان السوداء فكانت تحضر من الفحم الطري بمختلف الاساليب : سواد دخان الزيت الكتاني لاعداد الحبر. وسواد افران الزجاج للصباغ ،وفحم الخشب السرمانتي للسوادات الخفيفة .

الاجسام النبيلة في الكيمياء : المعادن ـ ان صناعة التعدين هي من أقدم الصناعات الكيميائية . والعديد من الكلمات تدل على اشباه المعادن وعلى الاكسيد والسلفور المعدنيين ، وبعض العمليات التعدينية كان لها في اواخر القرون الوسطى تاريخ طويل. وقد شكلت المعادن اول مجموعة من الاجسام الكيميائية باعتبارها طبقة خاصة ، وربما قياماً على ذلك قامت مجموعات تتميز عن غيرها. وهكذا ظهرت نواة التصنيف المنهجي الاولي .

اعتبرت المعادن دائماً الأجسام الانبل في الكيمياء . فمنذ العصور الاغريقية، كان هناك سبعة اعطيت اسماء الكواكب . فبعد المعدنين الكاملين الذهب والفضة اللذين احتفظا بهيبتها حتى اواخر القرن الثامن عشر يأتي الحديد والزئبق والقصدير والنحاس والرصاص .

اما الزنك وان لم يعرف بوضوح فقد عرف منذ زمن بعيد . وكان يستعمل بشكل اوكسيد طبيعي او اصطناعي، باسم كادمي أو كلامين. واهم هذه الاستعمالات كان اعداد الشبهان. ويبدو انه قد عزل وحضر بشكله المعدني. وظل لمدة طويلة يعتبر حالة خاصة من معدن آخر ، وكان في اغلب الاحيان يعرف باسم الفضة الكاذبة، اما اسمه الحديث فقد أعطى له من قبل باراسيلس Paracelse .

أما الانتيموان وكبريته يسمى ستيبين فكان معروفاً من أبقراط وكان يستعمل من قبل الاقدمين كمادة مثبتة ، وقد تميز بوضوح واستقلال انطلاقاً من القرن السادس عشر. وأول وصف لهذا الجسم يعزى الى باسيل فالنتين (Basile valentin) ويعود تاريخه، خطأ بدون شك، الى آواخر القرن الخامس

عشر. وهذا المؤلف المفترض يصف أهم مركبات الانتيمـوان. وهـو يتكلم عن المعدن تحت اسم «حثالة» الانتيمـوان، كجسـم معروف قبله. أمـا البزمـوت فقد بُـدِيء بتحديـد ماهيتـه في نفس الحقبة تقريباً. وقد وصفه فالنتين واغريكولا (Agricola). ولكن نتيموان. والبزموت ظـلا لفترة يلتبس بينهما وبين الرصاص أو القصدير او الاثنين. وفي النصف الثاني من القرن السابع عشر صُنِفـا في فئة نصف المعادن مع الزنك ، والزرنيخ (الارسينك) الذي لم تحدد ماهيته الا في مطلع القـرن الثامن عشر.

كيمياء الاملاح ـ قبل الحصول على كل هذه المعارف كانت كل الاجسام تصنف ، الى جانب المعادن ، ومتناقضة معها ، في مجموعة الاملاح. وهذه الفئة الواسعة ، غير المحددة تماماً كانت تتضمن المركبات المعـروفة يـومئذ والتي نعـرفها نحن بـاسم الاملاح مثـل الاسبيدج (سيـروز) ، والجنزار ، والاملاح القلوية والاملاح الكلسية والمركبات الزرنيخية ، وكذلك الاكسيـدات والسلفورات واخيـراً عدد كبير من المركبات الطبيعية. ومن بين هذه المركبات الطبيعية كان بعضها يحمل تسميات عامة مثل الألونات والفيتريول والبوراكس .

وكلمة بوراكس كانت تطلق على المركبات القلوية. والملح العام كان معروفاً منذ أقدم العصور تحت اسم ملح بحري وملح منجمي ، وكذلك كـاربونات وسلفـات الصـودا والتي احياناً تسمى الناترون او نترات البوتاس او السلباتر المستعمل في اعداد النار اليونانيـة في القرن السـابع. وكـانت كاربونات البوتاس تستخرج معا بغسيل رماد الخشب، أما كربونات الصودا فكانت تستخرج من رماد النباتات البحرية،وأما ملح الأمونياك فكان يستعمـل لتحضير كلورور الكـالسيوم من الكلس. امـا الكلس الحي فكان يستخدم لاعداد البوتاس. وهناك وصفات تعود الى القرن العاشر من اجل اعداد وتحضير الصابون بواسطة القلي الكاوي.

وكان البوراكس معروفاً وكان استعمال اسمه يدل تماماً على انه كان قريباً من الاملاح الكاوية وكلمة بوراكس كانت تستعمل ايضاً للدلالة على هريْ المعادن.

اكتشاف الآسيـد ـ كانت المواد الالونية والفيتريول تبدو منذ عدة قرون كمجموعة من الاجسام الوسيطة بين الاملاح والآسيد. ولم تكن هذه الاخيرة قد بدأت تعرف بوضوح الا في القرن السادس عشر. واتاح استعمـال السلفات الـطبيعية للكيميـائيين وبصـورة تدريجية، الاشتباه بـوجود الأجسـام الاسيدية ، ثم اكتشاف وسيلة عزلها. وهكذا نفهم السبب في تمييز الألونات والفيتريول من الامـلاح العـادية، كـما سبق ومنذ زمن طـويل تمييـز الزئبق والكبـريت ونفهم أيضاً كيف أن الكيميـائيين قـد اضطروا الى جعلها مجموعة خاصة مفترضين، انما بدون يقين مستند الى التحليل، وجود تشابه تركيبي فيما بينها.

لقد سبق وحُضر الآسيد النيتري في القرون الوسطى بواسطة تكليس السالبتر او بعد معـالجة السـالبتر بـالفيـتريـول تحت وطأة الحـرارة ، والمركب المستقـطر كـان يسمى « بـالماء القـوي »

واعتبـر بعد الخل أول آسيد معزول . وكان هذا التحضير ينبي عن قوة التفاعل الذي كان كامناً في الفيتريول وقد لوحظ في أغلب الاحيان تصاعد أبخرة اسيدية خلال تكلس هذه الاجسام . ويبدو ان تحضير الاسيد سيلفيريك (اثير أوزيت الفيتريول) انطلاقاً من فيتريول مارس (سولفات الحديد) كان قد اكتشف بين القرن العاشر والقرن الثاني عشر. ولكن مؤلفي القرن الخامس عشر والسادس عشر هم الذين اوضحوا بدقة اسلوب تحضيره اما بتكليس السولفات ، واما بحرق الكبريت تحت جرس مع وجود ماء ، واما باكسدة السلفـور او الكبريت بواسطة النيترات .

وبعد أن عرف الاسيد سلفوريـك لم يتأخـر عزل الاسيـد كلوريدريـك . فالاسيـدان قـد وضعهما باسيل فالنتين (Basile Valentin) المزعوم. أما الأسيد كلوريدريك، والمسمى روح الملح ، فقد حُضر بتكليس الملح البحري .

مفهوم الروح ـ ان كلمة روح تدل على تطاير الجسم المحضر بفعل زيت الفيتريول المسكوب على ملح الطعام . وقد اعتمدت هذه التسمية بالمقارنة مع الاجسام المتبخرة المعروفـة منذ زمن بعيـد والتي كان كتاب عصر النهضة وكتاب القرون الوسطى يصنفونها على حدة .

وفي الادب الكيميائي الذي ظل سائـداً حتى اواخر القـرن السابـع عشر وضعت الارواح (= اثير) في مقابل الاجسام المحددة الجامدة ،مثل الاملاح والمعادن. ولكن إذا كان كتاب القرون الوسطى يدلون بالكلمة على اجسام خاصة تماماً ، يسهل التفاهم علـى تحديـد ماهيتهـا ، فان الكلمـة ارتدت مدلولاً اوسع ابتداءً من القرن 15. فالزئبق والكبريت والزرنيخ كانت يومئذ تعتبر كارواح أو أثير ، ومن بينها ملح الامونياك واسيد كلوريدريك . وسميت المواد المتطايرة المستخرجة من المملكة العضـــوية ايضاً باسم « اثير او روح » مثل :الأرواح العطرية ، ثم الاكتشاف المدهش للكحول، في القرون الوسطى [هذا تقصير بحق العلم ان لا يقال ان الكحول اسماً وتحضيراً قد اخذ عن الكيمياء العربية (الترجمة)]، هذه الكحول التي ظلت لمدة طويلة تسمى ماء الحياة أو (الإكسير) أي الحياة المديدة ، قبل ان تصبح في اواخر القرن 16 روح العنب[1]. وظلت كلمة « كحول » تدل لمدة طويلة على البؤدرة الناعمة. ولم تطبق بشكل عام على منتوج التقطير العنبي الا في بداية القرن التاسع عشر [نكرر اسفنا للاغفال المتعمد لاي ذكر للمصدر الحقيقي : لقد عالج القرآن الخمور وحرمها كمسكرات منذ زمن بعيد مما يدل على انها كانت معروفة].

واصبحت مجموعة الاثيرات كبيرة بمقدار ما ظلت كلمة زئبق ، وزرنيخ ، وكبريت ، طيلة حقبة من الزمن ، تسميات عامة سبق ان فسرنا مدى اتساعها . وبعض كتب القرون الوسطى عددت اربع اثيرات اساسية . اما تلك التي ذكرناها سابقاً ، اضافة الى ملح الامونياك لان الأسيد كلوريـدريك لم يكن معروفاً حتى ذلك الحين ، فلم تكن هـذه تـدل علـى الأجسـام الماديـة فقط بـل أيضـاًعلى الخصائص التي تعطيها بمفعولها او التي تلاحظ في اجسام اخرى . وهذه الاستعمالات الاخيرة ارتدت

(1) راجع المجلد I ، القسم الثالث ، الفصل 8

اهمية متزايدة لدى المؤلفين في القرنين الخامس عشر والسادس عشر الذين وضعوا نوعاً من النظرية حول المادة ترتكز بآن واحد على الاثيرات وعلى العناصر الاربعة وميزاتها الذاتية ، الموروثة عن الفلاسفة الاغريق .

وهذه النظرية لم تتوقف عن التكامل وبلغت ذروتها مع ما يسمى بنظام (اللهب) الشهير .

النزعة الى الوحدة العقائدية ـ أصر المؤلفون الحديثون في أغلب الاحيان ، وعلى خطأ ؛ على عدم تماسك التصورات عند الكيميائين القدامى . فقد خدعهم اللسان الباطني الذي ازدهر بشكل خاص في القرن الخامس عشر الى بداية القرن السابع عشر ، فلم يستطيعوا التعرف الى ان هذه العقائد لم تكن في الواقع الا الاستثمار المنطقي لنتيجة ملاحظات دقيقة ومنتظمة .

وقد حاول الكيميائيون القدماء ، مثل الكيمائيين الحديثين، ان يكونوا نظرية أو فلسفة في المادة مستخدمين المعارف المكتسبة بفعل درس الخصائص الفيزيائية والعضوية والكيميائية للمواد التي عرفوا كيف يتدبرونها . وقد عبروا عن هذه النظرية بواسطة اللغة المتاحة لهم .

وحوالي منتصف القرن الخامس عشر كانت هذه المعارف قد رتبت نوعاً ما لتصلح كأساس لمنهجية ، ربما تكون بدائية ، الا ان مبادئها ظلت تستعمل حتى الاصلاح الذي حصل في اواخر القرن الثامن عشر. أما فلسفة المادة فانها سوف ترتكز ، ولمدة طويلة ايضاً على وجود العناصر الأربعة : الارض الماء الهواء والنار ، اضافة الى المبادىء الاربعة وهي الحر والبرد والجفاف والرطوبة . وقد استبعد من هذه المقاربات المزدوجة بشكل متغير اجتماع المتناقضات مثل النار والبرد والماء والجفاف . وخلقت هذه التجمعات الاثيرات بحسب طبيعتها ونسَبِها أما الأثيرات المجتمعة فيما بينها فقد ولدت بدورها المعادن السبعة .

وهناك العديد من البدائل لهذه الرسيمة النظرية ، يمكن استخراجها من أدب القرون الوسطى والعصور اللاحقة .وهذه البدائل لها بذاتها معنى لانها ثمرة خيالات متنوعة سعياً وراء التفسيرات الاكثر إرضاءً من التفسيرات التي تقدمت صياغتها. ويجب ان لا ننسى كذلك ان الذين يكتبون يشتهون ان يكونوا علماء اعلم من خصومهم ،أو مما هم حقيقةً، ولان الحقيقة الدوغماتيكية لا تمكن مناقشتها فقد بدا كافياً التأكيدُ بقوة اكبر واكثر على حقيقة جديدة من اجل اعطائها صفةً دوغماتيكية. ولكن بين الحقائق التي قال بها كل الكيمائيين كان هناك فرق قليل .

وقد استمرت هذه الصفة في الكيمياء النظرية حتى بلغ نظام «السائل المحرق» ذروة ازدهاره. وتبدو النزاعات بين الكيميائين من القرن16 و17 حول مسائل نظرية، عارية من المعنى لانه يصعب علينا تتبع رهافتها. والحقيقة ان الحقائق الكبرى المقبولة لم تتطور طيلة ثلاثة قرون. وحتى في القرن 15 لم تكن هذه المسائل جديدة . وهذا لا يستبعد واقعة ولادة مفاهيم واسعة ثم نموها بحظوظ مختلفة خلال هذه الحقبة . ونحن لا نستطيع اللحاق بمراحلها الا اذا استطعنا قياس تقدم

المعارف التطبيقية . ومن الملحوظ أن النموذج المثالي للنظرية الكيميائية للمادة أتسمَ بالجمود خلال هذه الحقبة حيث كانت معرفة خصائص المواد تتزايد بشكل ضخم . وربما كان السبب في ذلك ان النظرية لم تكن ذات تأثير البتة على البحث . ولم يكن اكتشاف احداث جديدة الا نتيجة فضول مهني او اهتمام مجرد، يتم بصورة عملية . وكانت التطلعات العلمية في الكيمياء تترجم خاصة بشكل جهد من اجل تكييف العبارة والمنهج وفقاً لمعارف لكل حقبة ، وكانت هذه التطلعات تترك جانباً النظريات الاساسية المتعلقة بالمادة اذ لم يكن قد جاء شيء بعد ليُثْبِتَ عدم كفايتها . من ذلك ان التراث الاوسطي الذي كان يجد جذوره في الفكر الاغريقي القديم ، قد اعتمد بدون مناقشة من قبل الكيميائيين في الأزمنة الحديثة . هذه الامانة للنظريات التقليدية تتيح فهم الصعوبات التي اصطدم بها لافوازيه (La voisier) ليجعل مفاهيمه مقبولة .

II ـ نهضة الاكتشاف الكيميائي

وقامت حركة بحوث واكتشافات ابتداء من القرن 15 بعد شبه الجمود الذي أصاب الكيمياء في العصور السابقة ، وانطلقت هذه الحركة بصورة بطيئة بمقدار ما أخذ يظهر تأثير بعض الظروف بشكل أكثر عمومية .

تكاثر وانتشار الكتب الكيميائية ـ من أسباب هذه اليقظة كان انتشار ادب الكيمياء والخيمياء طيلة القرنين او القرون الثلاثة السابقة. وأصبحت مؤلفات الجامعين اكثر عدداً ابتداء من القرن 13 تقريباً . وكان فانسان دي بوفيه ، (Vincent de Beauvais) والبير الكبير (Albert le Grand) وارنولد ديفلناف (Arnaud de Villeneuve) وروجر بيكون (Roger Bacon) هم المؤلفون الاكثر شهرة الذين كشفوا عن مجمل المعارف التي وصلت اليهم. الا ان العديد من الكتاب الاقل شهرة تركوا تدوينات ومقتطفات من مخطوطات قديمة، غالباً ما كانت مغفلة ، تعود الى مؤلفين من الشرق، وكذلك مجموعات وصفات شخصية او مدونة بحسب ما تقتضيه الصدف. وكانت غالبية هذه المجموعات غير مخصصة للكيمياء فقط ، فقد كانت تتضمنْ تدوينات حول كل المسائل التقنية التي يمكن ان تثير اهتمام المحرر بحسب اختصاصه او سعة اهتمامه. وقد سبق واشرنا الى كتاب الفن للمؤلف سنينو سنيني Cennino Cennini 1437 . وأشهر الكتابات في اواخر تلك الحقبة كانت دفاتر ليونارد دافنشي (Léonard de Vinci) ، وكانت قليلة الانتشار ولم تكن تحتوي الا على القليل من الملاحظات المتعلقة بالكيمياء. ولكن الامرَ لم يكن كذلك بالنسبة الى مخطوطات اخرى كان البعض منها قد نسخ وانتشر بكثرة . وبصورة خاصة اصبح الخيميائيون اكثر عدداً وكتب الخيمياء اكثر انتشاراً بحيث نقلت مجمل المعارف الكيميائية او القسم الأكبر منها كما زاد عددها. هذا الادب استطاع بسهولة اكبر أن يصل الى اولئك الذين كانوا تواقين الى المعرفة . وذلك بفضل توسع شبكات التجارة التي كانت تغطي كل بلاد اوروبا الغربية وتربطها بالبلدان الشمالية وباوروبا الشرقية وبالشرق الاوسط. وكان تزايد النشاط التجاري مرتبطاً بتوسع

النشاط التقني وبصورة خاصة بتوسع الصناعة النسيجية وقرينتها الصباغة ، وكذلك بتوسع استثمار المناجم والتعدين .

العوامل التقنية والتجارية في تقدم الكيمياء ـ لم تضعف اهمية الصباغة بالنسبة الى تقدم الممارسة الكيميائية ، حتى عصرنا الحاضر. وقد ظلت هذه التقنية حتى اواخر القرن 18 الصناعة الكيميائية الوحيدة المهمة نوعاً ما ، وأهم من صناعة المتفجرات. وغيّر اكتشاف مقالع مهمة من الشبّة في ايطاليا الى تغير ظروف انتاجها وتجارتها في القرن 15. كانت الشبّه حتى ذلك الحين تستورد من الشرق على يد اهالي البندقية واهالي جنوى ، ثم اصبحت منتوجاً اقل كلفة وزاد استعمالها ، في البلدان الشمالية. فقد اجتذب ظهور النسيج الفلمنكي وازدهاره مجيء المواد الملونة المستوردة من الشرق ومن جنوب اوروبا ، الى البلدان الشمالية. وطور ظهور الصناعة النسيجية في بريطانيا هذه المبادلات. وازداد التبادل عبر الاطلسي وحل بصورة جزئية محل الطرق التجارية الكبرى في القرون الوسطى. وكانت هذه الطرق تمر عبر شمبانيا ، واذا كانت المواد الملونة قد انتقلت بيسر اكبر فان الطرق البحرية اتاحت ايضاً نقل ترابة المعادن والمعادن ذات القيمة التجارية الاقل كلفة. وبالفعل ، وإلى حدٍ ما ، شاهدت هذه الحقبة ايضاً « ازدهاراً » للصناعة المعدنية ولتجارة منتوجاتها. لا شك انه منذ القرن 12 ، و13 اصبحت المعادن المنتجة في بلاد الالب الشرقية ، وربما منتوجات بلاد السويد ، ترسل الى مرافىء البحر المتوسط بطرق البر عبر الفلاندر وشمبانيا او عبر وادي نهر الرين ووادي نهر الدانوب. وعبر البحر كانت سفن بلاد الهانس التوتونية تنقل نحو الغرب نحاس بلاد الهارز وحديد هنغاريا والسويد في حين كان الفلمنكيون وأهل جنوى يجلبون القصدير من انكلترا. وكان السكان الفريزون والساكسون يتاجرون بالرصاص الانكليزي في اسواق اوروبا الغربية منذ القرن العاشر. وكان التوتيا والنحاس من وادي نهر الموز قد انتشرا في اوروبا. ولكن حجم كل هذه التجارة ظل ضعيفاً بالنسبة الى حجم المواد الثمينة وبصورة خاصة المواد الملونة والنحاسية .

تأثير التعدين ـ في القرن 15 تَزَخَّمَ استثمار مناجم بوهيميا والتيرول. وارتدى التعدين في المانيا الجنوبية أهمية جديدة. وكذلك كان حال حديد السويد ، ونحاسها ونحاس روسيا وبولونيا، وحجار التوتيا في انكلترا. هذا مع إغفال الكلام عن مكامن التربة المعدنية المتنوعة التي بدأ استثمارها على كل القارة ، إلا أنه لم يرتد الا أهمية محلية .

وكان لتجديد الصناعة التعدينية تأثير ضخم على تقدم الكيمياء . وطورت العدانة اساليبها ودرست تربة المعادن والمعادن ومركباتها بانتباه اكبر. وتـزايد مجمل المعارف بسرعة ، ولعب في هذا التقدم المعدنون والتقنيون في مناجم المانيا ، في القرن 16 و17 دوراً مهماً .

وتعتبر غزارة الأدب المتعلق باستثمار المناجم دليلاً على تزايد هذا النشاط في القرن 16 . ان كتاب جورج بوير (Georg Bauer) ، المسمّى أغريكولا ، «ري ميتاليكا» (De re metallica) المنشور سنة 1556 ، أعيد طبعه عدة مرات . ووضع كثيرٌ من المؤلفين الألمان ، في نفس الحقبة ، كتباً تقنية احتل

فيها استثمار المعادن المكان الاكبر . وفي ايطاليا واسبانيا نشرت كتب مماثلة في القرن 16[1] .

مثل هذا الاهتمام بانتاج باطن الارض جعل فضول الكيميائيين يتركز بالدرجة الاولى على جيل المعادن . وهذا ما حصل : كانت كيمياء باراسلس (Paracelse) ولاحقيه مرتكزة بصورة اساسية على مناقشة هذه المشكلة وعلى الاستقصاءات التي أثارتها .

شخصية باراسلس وتعليمه ـ كان فيليب اوريـول تيوفراسـت بومبـاست فون هـوهنهيم ، المعروف بلقب باراسلس ، اشهر كيميائيي تلك الحقبة ، وحتى اذا كانت كفاءاته قد ضخمت من قبل تلاميذه وبولغ فيها ، ولكن يجب الاعتراف ، بانه أثّر ، اكثر من أي شخص غيـره ، في البحث وفي الفكر الكيميائيين طيلة اكثر من قرن . ولد سنـة 1493 ومات سنـة 1541، وهو ينتمي الى النصف الأول من القرن 16 . كان باراسلس Paracelse ما يزال قريباً من التراث الوسيطي ، وقدّ بذل جهدا فعالاً ليتخلص من المعتقدات الموروثة في تلك الحقبة . ولكنه لم يتوصل الى ذلك ، رغم بعض الحركات الاستعراضية ، ورغم بعض خشونة الألفاظ . كان صوفياً أكثر مما كان مؤمناً ، وكان مسؤولاً الى حد بعيد عن استمرارية التصورات اللاعقلانية التي ظلت طويلاً تطبع فلسفة المادة . ومع ذلك فقد فتح سبل التقدم واسعة أمام الكيمياء .

وقد تحدد اتجاه فكره بالتأثيرات التي خضع لها اثناء مراهقته. كان والده طبيباً واستاذاً في مدرسة المناجم في فيلاش كارانثي . واشتغل لفترة في المناجم وجمع معارف كيميائية مهمة في مجال التعدين. وقام بدراسات في الطب وهو ينتقل من جامعة الى اخرى، واحتفظ الى حدٍ ما بهذه العادة التجوالية طيلة حياته . وهناك اسطورة تكونت في حياته، مفادها انه زار بلاداً بعيدة [كبلدان الشرق : الشرق الادنى والاقصى وايران والصين] وهذا امر غير ثابت . وبخلال رحلاته حاول ان يتصل بالخيميائيين والمنجمين، والمتصوفين اليهود واعضاء الجمعيات السرية . وتعلم منهم وصفات متعددة والاعيب خفة اليد، واسراراً في الطب استفاد منها . كما اكتسب لغتهم الخاصة واساليب تفكيرهم مما جعل كتاباته غامضة .

ولما عين استاذاً للطب في بال سنة1526، افتتح فيها تعليماً حماسياً وهجومياً ضد معتقدات الطب المدرسي [الذي كان باشراف الكنيسة]. وعملت بعض استطباباته المدهشة ، التي نجحت بفضل استعمال أدوية يدخل فيها الأفيون والمركبات شبه المعدنية على ذيوع صيته وشهرته . ومات باكراً في ظروف غامضة . ونشرت غالبية كتبه بعد موته .

وأدى تنكره للمعتقدات الموروثة الى التجريب المباشر. ولم يكن الوقت مناسباً للقيام بوضع منهج تجريبي اكيد، فضلاً عن ان معتقدات باراسلس الخاصة كانت تخفي عنه أسس مثل هذا المنهج . الا انه حين دعا تلامذته الى رفض الكتـابات التقليـدية والى مـراقبة الـطبيعة بـأنفسهم ، والى التجريب

(1) أنظر حول هذا الموضوع البحث ص 127 .

الجريء ، ساعد على اعطاء الكيمياء زخماً لم يضعف بعد ابداً . والفائدة التاريخية من تعليمه تقوم على انه وضع في أساس هذا التعليم دراسة المعادن والمركبات شبه المعدنية ، بهدف مزدوج : تبرير نظريته عن طبيعة المواد المعدنية ثم ادخال استعمال الادوية المستخرجة من مملكة المعادن في الممارسة الطبية .

وفيما يتعلق بالنقطة الاولى ، فتح باراسلس سلسلة طويلة من البحوث استمرت وتثبتت الى حين قيام لافوازيه بأعماله . وهذه الاستمرارية كان لها النتائج الاعمق على تطور الكيمياء ، طيلة قرنين من الزمن ولم تكن نتائج تطبيق المعارف الكيميائية على إعداد الادوية اقل اهمية . فظهور الكيمياء الطبية ، انتزع الكيمياء من الخيميائيين ليضعها بين يدي الاطباء . وهكذا أعطت الكيمياء الطبية الى الكيمياء المخبرية، تطبيقاً عملياً لم تعرفه من قبل. وجعلت منها نشاطاً مجزياً واعدت له جهازاً بشرياً جديداً . وعلى خطى باراسلس سار الاطباء والمعدنون الذين توصلوا الى وضع الاسس التي امكن بناء علم الكيمياء عليها في القرن 18 .

الاكتمالية الطبيعية في المعادن ـ أن فكرة الاكتمالية في المعادن استمرت عند باراسلس لان التجربة لم تكذب امتياز الذهب كما أنّ الفضة تتمتع أيضاً ببعض الامتياز ولكن هذه الفكرة قد أصابها بعض التغيير . فبالنسبة الى الكيميائيين من القرون الوسطى وبصورة خاصة الخيميائيين ، يمكن تسريع العملية بل والتسبب بها بواسطة البراعة المصطنعة في الكيمياء . والمشكلة الوحيدة هي العثور على سر العمليات الفعالة ، وهذا السر موجود . والآثار تذكر أن البعض امتلكه . وفي غمرة الكلام والكتابات أصبحت المشكلة هي العثور على الأثر كما لو يمكن البحث عنه في سر الكور أو الامبيق .

وبفضل باراسلس تخلى الكيميائيون عن هذا الامل الخادع . ان تطور المعادن نحو حالة عدم الكمال هو شأن من شؤون الطبيعة ويتم هذا التطور في الاعماق الغامضة من باطن الارض اما التأثيرات الكونية والقوى الخفية التي تعمل عملها في القشرات المعدنية فهي وحدها القادرة على احداث هذا التطور. اما البشر فليس بامكانهم ان يطمحوا الى تحقيق هذا العمل العظيم بأنفسهم. إنما بإمكانهم فقط ان يستخرجوا الجزء الذي سبق وتحول، من المعادن التي تخفيها المظاهر الفجة من الاجزاء الاخرى. انما للتوصل الى هذا الامر يجب التمتع بلباقة عظيمة . توجد وسائل عزل وفصل تقوم على طرق عنيفة. هذه الوسائل يجب ان تستعمل بحذر. وربما يكون اختيار العينة التي عليها تجري المعالجة هو العملية الاكثر دقة . واذا كانت المعطيات الكونية غير مؤاتية فان نسبة المعدن المتغير قد تكون جزئية في النموذج المعتمد بحيث لا ترى.

وعندما تُستكمل الازمنة ينتفي التمايز بين مختلف المعادن التي تصل كلها الى حالة الذهب في منتهى المطاف . والانسان، من اجل احتياجاته اليومية يستخدم المعادن كما هي عند استخراجها من المنجم. يقول غلوبير (Glauber) وهو يشرح باراسلس فيما بعد : « لم يكن قصد الطبيعة، ان يبقى الحديد حديداً بل ان ينتقل الى حالة الكمال الذهبية. ولكن قلة صبر المعدنين لم تسمح له بالتوصل الى هذه الحالة. فهم لم ينتظروا الحديد كي يتوصل الى مقام الذهب. ولهذا استخدم في الاستعمالات القائمة » .

ولما كان الذهب هو المعدن الكامل ، والفضة قريبة منه نوعاً ، فلا يبدو إن باراسلس وخلفاء ه قد اعتمدوا تصنيفاً دقيقاً بالنسبة الى المعادن الخمسة الاخرى .

والفضة والانتيموان يتمتعان بسمعة واضحة . ثم يأتي النحاس والرصاص تاليين ، وبعدهما الحديد، الذي يعتبر الاخشن : والمظهر المعدني يبدو احد السمات الاكثر تقديراًبعد عدم الصدأ. اما الزئبق فظلٍّ يتمتع بسمعة خاصة .

ثم انه يجب أن لا ننسى ان هذا التصنيف لا دخل له في النوعية التعدينية التي يستخرجها المعدِّن ، بل هو يقتصر فقط على المعدن المثالي الذي لا تدركه الحواس العادية . والواقع ، ان عيُنة من معدن عادي هي خليط يخفي فيه المعدن الأخشن معادن اكمل منه . وكل التجارب التي يوقعها الكيميائي بهذه العينة : اكسدة ، تذويب ، تحطيم بالعوامل المهرِّية ، او التذويب بالقلويات ، او الكبرتة او التحويل بالاملاح وبالاوكسيدات ، او الخلط ، ليس لها هدف الا تفحص هذه المعادن الكاملة الموجودة في المعادن المبتذلة . وبواسطة هذه الاساليب يسعى الكيميائي الى تركيز المعادن الاكمل ، وبخاصة الذهب ، ثم استخراج هذا الاخير من المجموعة المعدنية التي تغمره .

وأدب القرن 16 و17 مملوء بمثل هذه الوصفات ، ولكن وصف هذه الاساليب غامض عن قصد . اذ كان المؤلفون يخافون من اخذهم بالذنب ، ذنب الهرطقة ، ولهذا كان الوصف مبتوراً . فبعد بداية مفهومة تماماً ، يلوذ المؤلف بالمجازات والمعميات التي توحي بان الألبّاء والاذكياء لا يحتاجون الى شروحات اضافية . اما الآخرون ، فهم دائماً اما حساد واما اشرار مستعدون للبوح باسرار الاخوة وتشويه أشد الحقائق احتراماً . والكيميائيون ، وقد علمتهم التجربة الشخصية الحذر، لم يعودوا يعلنون عن رغبتهم في الوصول الى فصل الذهب الخالص الموجود في الحديد مثلاً . وافضل النتائج التي يمكن التوصل اليها ، على ما يبدو ، هو تركيز الذهب الكامن في منجم داخل « منتوجات رأسية من فصلٍ مجزأ (Les Produits de tête d'une séparation fractionnée) » بحسب اللغة الدارجة .

هذه النظرية حول المعادن قد أثارت بحوث خلفاء باراسلس ، من اجل التثبت من هذه المادة النهائية ، هذه المادة الكاملة الموجودة في كل مكان وفي كل مكان مخبّأة. وقد آلفت العمليات العديدة الجارية على المعادن ومركباتها ، بين الكيميائيين والظاهرات التي ظلت لمدة طويلة سيئة التفسير، والتي اعطت فيما بعد مفتاح النظام الكيميائي العصري : انه بصورة خاصة تأكسد المعادن بالتكلس في الهواء الحر وتفكك الاوكسيدات .

مفهوم المبدأ، النظرية العلمية ـ وهناك نتيجة اخرى لهذا التيار الاستقصائي ، وهي اعطاء ركيزة اكبر لمفهوم المبدأ. لقد تغيرت كثيراً الفكرة التي كونها كيميائيو القرن 16 و17، حول « الجوهر » (Quintessence) الباراسلسي بين كاتب وآخر . ومفهوم « الجوهر » بالذات لم يعد حكراً فقط على كيمياء المعادن . فالعامل النهائي اصبح عاملاً شاملاً استطاع البعض ترقبه وحيّاه بعض

الكيميائيين من القرن 18 في « اللاهوب » (Phlogistique) .

وقد ساعد باراسلس بنفسه على اعطاء مظهر النظرية العلمية لمفهوم المبدأ. فهو برفضه اسمياً العناصر الاربعة الاساسية ، لانها تشكل جزءاً من التعليم المدرسي، لم يذهب الى حد التخلي عن المفهوم بالذات. انه رفض اعتبارها كعناصر غير قابلة للتلف ، ولكنه احتفظ في اساس نظريته باربعة مبادىء بعيدة هي الصفات القديمة الأولية: البرد والجفاف والحرارة والرطوبة. وهي تبدو في الواقع نوعاً من التسوية بين هذه الصفات والعناصر الاربعة : ماء، ارض، هواء ، نار. وبدت هذه التسوية ، غير الواضحة ، مختلفة الاوجه في الخطابات المعقدة لشراح باراسلس ، الذين لم يظهر عليهم انهم فهموا تماماً التمييز او التفريق الدقيق، حالهم في ذلك كحال الكاتب العصري . والى جانب الميزات الاولية افسح باراسلس مكاناً خاصاً لخمسة مبادىء قريبة هي الزئبق والكبريت والملح والكحول، وخلاصة التقطير . والمبادىء الثلاثة الاولى هي المبادىء الاساسية او الفاعلة اما الاثنان الاخيران فسلبيان ، وهما قابلان للتلف . وتدل التجربة بهذا الشأن ان الكحول (flegme) والرأس (الميت) أو بقية التقطير يمكن ان يتحولا بفعل عوامل مشتركة متنوعة .

والمبادىء الثلاثة الاولى يصعب تعريفها . ويمكن ان نحتفظ من خطابات باراسلس والمعلقين عليه ما يلي : تتشكل المبادىء باتحاد الصفات الاساسية بنسب متنوعة. فالزئبق يتوافق مع المُركب الذي تسيطر فيه الرطوبة اماالكبريت فيتوافق مع المُركب الذي تسيطر فيه الحرارة، اما الملح فيتوافق حيث يسيطر الجفاف . ولا يبدو ان البرد يمكن ان يسيطر في مُركب من الصفات لان باراسلس لم يعترف له بمبدأٍ مقابل . ثم انه يجب ان نفهم انه نظراً للاختلاف الكبير في نسب الصفات ، في كل مبدأ ، بالامكان وجود كميات من الكبريت والزئبق والملح. ومع الآخرين، اي الكحول وبقية التقطير ، واللذين كثيراً ما اهملا في الشروح ، رغم ورود ذكرهما في التعداد الاساسي، تشكل العناصر الثلاثة الاولى كل الاجسام التي تدخل هذه العناصر فيها بنسب متنوعة .

الجوهر ـ يستكمل باراسلس نظرية المادة بمفهوم الجوهر او العنصر الخامس والذي ينتج عن الصفات الأربع الاساسية مجتمعةً . يقول باراسلس : « الجوهر هو مادة يمكن ان تستخرج من كل الاشياء التي تنتجها الطبيعة والتي تتمتع بالحياة ذاتياً . ومثل هذه المادة رهيفة جداً ويجب تنقيتها الى أعلى الدرجات وتنظيفها من كل العناصر غير النقيّة والتافهة التي تحيط بها . وهذا الفصل يُبْقي هذا الجوهرضمن طبيعته التي لا تقبل الفساد » .

فهل هذا الجوهر مبدأ شامل ؟ يقول باراسلس (Paracelse) انه والزئبق نفس الشيء ثم يتكلم فيما بعد عن جوهر كل معدن ما عدا المعادن الوضيعة .

« ان جوهر الذهب مثلاً مأخوذ من الطبيعة الرطبة للماء . وجوهر زحل (الرصاص) يتعلق بالارض الباردة والجافة . وجوهر الفضة البيضاء يتعلّق بصفات الهواء الذي هو بذاته ليس الا تكثيفاً للهواء في احشاء الارض وله رهافة قصوى » .

تأثير باراسلس ـ في هذه الاسطر القليلة يعود باراسلس رغماً عنه الى مفهوم العناصر الاربعة عند الفلاسفة الاغريق، ووضع خلفاؤه من بعده هذه العناصر في رأس كل تفسير للمادة . وهكذا يتكون لدينا المجمل النظري الذي سوف تعيش الكيمياء عليه طيلة قرنين ونصف القرن. ومساهمة باراسلس الأصيلة ليست ضخمة. فالمفاهيم التي منهجها كانت موجودة في الكتابات السابقة لعصره، الا انه جعل منها هيكله عقيدة بدت لمعاصريه متماسكة ونجاح افكاره لا يعزى الى وضوح تعليمه بل الى شخصية باراسلس نفسه .

ففعالية ادويته ثم علاقاته مع اهل العلوم الخفية، وميله الى الشرب، ونزواته جعلت منه شخصاً كثر الجدل حوله . والهجوم الذي تعرض له في حياته ولمدة طويلة بعد مماته ساعد على ذيوع صيته مثل المدائح التي كالها له انصاره . فهؤلاء دافعوا عنه بحماس يعادل انتقاد النقاد له . والكيميائيون توقفوا عن رد الهجمات عليه ، وتخلوا عن تعاليمه الطبية السرية تاركينها للخيميائيين المتأخرين وللمنجمين وغيرهم من الاشخاص المشكوك بهم . ولكن نظريات الدكتور الملهم حفظت في كتب الكيمياء ، بحكم العادة ، وظلت هذه الكتب مطبوعة بعمق ، بالتراث الى حين نشر كتاب لافوازيه (Lavoisier) . وفي عصرنا يصعب تصور كاتب استطاع أن يهيمن طيلة قرنين وأكثر .

وفي اواخر القرن السادس عشر كان كل العلم تراثياً . ولكن بعد مئة سنة انتهت هذه الامانة للاقدمين في غالبية المجالات وبقيت الكيمياء العلم التقليدي الاخير. ولم تحل تعاليم العصريين محل تعاليم الاقدمين بل تراكمت فوقها .

باسيل فالانتين ـ (Basile Valentin) اذا كان اسم باراسلس قد شع فوق كل الادب الكيميائي في القرن 16 و17، الا انه لم يكن الوحيد الذي يذكره مؤلفو كتب الكيمياء كسند لمعلوماتهم .

فمن بين معاصري باراسلس الذين قرئوا وذكروا من قِبَل خلفائهم ، يذكر شخص مفترض ان اسمه باسيل فالانتين وهو اول من كتب بحثاً متخصصاً بالانتيموان . وقد حدد زمنه إما في القرن 15 او في القرن 16 . ويبدو انه من الثابت اليوم ان هذا الشخص لم يوجد على الاطلاق ، وان الكتابات التي نشرت باسمه حوالي 1600 هي من صنع أحد أنصار باراسلس المجهولين ؛ وهذا لا يعني أكثر من نقل مشكلة شخصية هذا المؤلف من شخص الى شخص . ويبدو أنه ممثل مخلص للكيمياء السحرية وقدنشر له فيها باللاتينية والألمانية والفرنسية كتاب اسمه مفاتيح الفلسفة الاثني عشر . أما المعارف الايجابية التي جمعها فكلها في كتابه عربة الانتيموان المظفرة (= الإثمد) .

دروس عملية: برنار باليسي Bernard Pallissy ـ يمكن ان نقارن وجه فالانتين بصورة برنارباليسي (1510؟ 1589) الذي ينتمي بكامله الى القرن 16 . لم يقدم باليسي معارف جديدة مهمة جداً . فقد كان صانع فخار وسيراميك . وكان يمتلك اسلوباً في الملاحظة اعطي فيها بعد كمثل ، في

زمن لم يكن الكيميائيون يعرفون فيه كيف يعملون وكيف يكتبون الا بالتقيد بمعتقدات ضيقة ، مختبئين وراء سلطة كتاب مقدسين ؛ قام باليسي كمفكر حُر . ولم يتوقف فضوله على اشياء معقدة مثل تركيب المادة البعيد ، وان هو تكلم عن المادة فانما ضمن مذهب اللاأدرية وانكار ان العمل العظيم قد اكتمل او يمكن ان يكتمل يوماً ما. ولكنه عندما يبحث في تفسير الظاهرات الملحوظة مباشرة ، ثم يصفها ، مثل تغذية الينابيع ومثل خصائص الاملاح والاحجار والصلصال والدلغام ، فانه يتميز بحس سليم وبفراسة قلما نجد لها مثيلاً في ذلك العصر. وهو لم ينشر الا كتابين . الكتاب الرئيسي عنوانه «خطابات مدهشة حول طبيعة المياه والينابيع الطبيعية والاصطناعية ، وحول المعادن والاملاح واشباهها والاحجار والتربة والنار والطلاء (المينا)» 1580 ، وهذا الكتاب هو حصيلة محاضرات قدمها في أواخر حياته أمام جمهور مختار لكي يثبت صحة معارفه . ولم يتكلم باليسي الا عن مواضيع يعرفها بحكم الخبرة الطويلة .

ولم يحدث هذا الرجل، ذو الشخصية التي تحملنا على التفكير بشخصية ليوناردا فينشي Léonard de Vinci ؛ انما من غير صَقل ، لم يحدث اي تأثير في عصره الا انه يبدو لنا كممثل لفئة من العمال والممارسين لم تتعود على حسن التعبير عن نفسها ، انما تميزت بنشاطها العظيم لان معارف الكيميائين الوضعية لم تنفك تتزايد بانتظام بفضلها .

الفصل الثالث :

دراسة الجسم البشري

I ـ التشريح

الثورة التشريحية ـ في ذات السنة التي ظهر فيها كتاب كوبرنيك Copernic حول النظام الشمسي، طبع كتاب « الجسم البشري. . » De Humani corporis fabrica (بال 1543) لمؤلفه اندره فيزال André Vésale، الذي ثوّر معارف الانسان حول تركيبة جسده بالذات . وهكذا ظهرت نظرة جديدة بذات الوقت على العالم الكبير[الكون] والعالم الصغير[الانسان] .

ويزعم مؤرخون كثيرون ، وخاصة م. روث (M.Roth) وهـ .ي سيجريست (H.E.Sigerist) ان الطب الغربي مرتكز بصورة اساسية على التشريح وان الفكر التشريحي ، بالمعنى الحديث للعبارة ، بدأ ، وبشكل مفاجيء نوعاً ما ، مع عمل ڤيزال . وبالتالي مثل نصف القرن 16 قطعاً حاسياً في تاريخ العلوم الطبية ، وفجر عصر جديد. وفي التقريب الاولي ، يبدو هذا الزعم سهل التبرير: انه يتضمن ولا شك نواة حقيقة انما يجب ان لا يقبل بدون نوع من التحفظ . ان الفكر التشريحي يقوم على الجهد الرامي الى قصر كل الظاهرات الفيزيولوجية والباثولوجية على مورفولوجية داخلية جسدية ، وعلى علاقات بنيوية معروفه ومدروسة بفضل التشريح . لا شك ان الدور التاريخي لهذا المفهوم المهم ، وفوق ذلك النموذجيّ ، لتجدد الطب الاوروبي ، يستحق اعطاءه مركز الشرف في كل دراسة نقدية حول نهضة العلوم العصرية . ولكن علينا ان نحذر ان نرى في التشريح ـ سواء كان جامداً أم حياً ، طبيعياً أم مرضياً (باثولوجيا) ـ الاساس الوحيد للطب العلمي . وهناك عوامل اخرى تدخل في المجال ، وربما يفسر هذا لنا لماذا لم تكن نهضة الطب الحقة ـ في نظرنا ـ فعل القرن 15 ، بل فعل حقبة لاحقة متأخرة .

وتحفظ آخر: اذا كان فيزال قد ضرب الضربة الاولى الحاسمة والقاطعة لنظام غاليان ، فليس يقل عن ذلك حقيقة ، ان ضربته لم تكن الاولى ولا كانت الثغرة الاولى في البناء العربي الغالياني . وميل المؤرخين الى بلورة الاحداث حول بعض الشخصيات الفريدة غالباً ما تلقى في ظل فيزال انجازات سابقيه ، وتوشك ان تنسى بان الثورة الفيزالية تمثل، ليس فقط، بداية مرحلة جديدة، بل

تبدو اكثر من ذلك وكأنهانتيجة تيار عام تيار الفكر العلمي . وحدثت نهضة أولى في التشريح ، خلال القرن 16 ، والخلاف بين الملاحظة التشريحية ، والكتابات الغاليانية لوحظ من قِبَلْ كثير من المشرحين في النصف الاول من القرن السادس عشر . انما يجب الاعتراف لفيزال بموقع تاريخي مميز . وكما عبر عن ذلك بنجاح ومنذ زمن بعيد كارت سبرنجل Kurt Sprengel :

« الحقيقة ان المشرحين الذين عاشوا قبل فيزال حققوا اكتشافات عديدة ومفيدة ، ووصفوا من بعض النواحي الطبيعة كما هي لا كما وصفها غاليان . ولكنهم جميعاً اعتبروا دحض اقوال هذا المعلم الكبير الذي يصعب الوصول الى مستواه ، جرأة مخيفة ، وكانت مثل هذه الظروف غير ملائمة لتقدم علم التشريح، وبالفعل ظل هذا العلم ذابلاً حتى الحقبة التي كسر فيها فيزال الخالد المعتقدات القديمة وأوصى بالملاحظة الدقيقة للطبيعة وكأنها الدراسة الأكثر أهمية والأكثر لزوماً » .

التشريح التعليمي ومسألة التراث الغالياني ـ سبق ان ادخل التشريح البشري في التعليم الجامعي خلال القرن 14 وبخاصة في ايطاليا . وقدم موندينو دي لوزي(Mondino dei Luzzi)، الاستاذ في بولونيا المثل الاوضح عن هذا النشاط التشريحي (1316). ولكن يجب ان لا يغيب عن نظرنا ان موندينو امر بالتشريح التعليمي : وهو لم يكن يزعم انه يكتشف بنيات غير معروفة حتى زمنه ، ولكنه اراد فقط ان يثبت بالمشاهدة العينية تعليم غاليان . كما انه كان بعيداً عن امتلاك معرفة النصوص الحقة عن معلم برغام[1](Pergame) .وعلم موندينو غاليانية من مصدر عربي ، اقل منزلة من مجمل المعرفة التشريحية المأخوذة عن الاغريق الاقدمين. ورغم ان موندينو شرح بنفسه الاعضاء التناسلية لامرأتين، فقد وصف الرحم وكأنّ فيه 7 طبقات ، وهذا خطأ لم ينسب الى غاليان (كما ميز خطأ أيضاً بين تجويفين رحميين) بل في شراحه الوسيطيين، وبعد عدة سنوات من كتابة اناتوميا لموندينو قام عالم في البلاط الملكي في نابولي وهو نقولا دو بريبيو (Nicolas de Deoprepio) من مقاطعة ريجيو دي كالابري (Reggio de calabre) يترجم مباشرة من الاغريقية الى اللاتينية كتاب (Usus u Partium) « حول الجسم البشري » . وهو كتاب اساسي في التشريح الفيزيولوجي الغالياني. اما كتاب « غاليان » الذي وضعه موندينو فلم يكن الا نصاً مزوراً عن غاليان « جوفامنتيس » ، وهو مقتطف فاسد من كتاب (ايزوس بارسيوم) . وارسل نقولا نسخة من ترجمته الى غي دي شولياك (Guy de Chauliac) واستخدمها هذا الاخير، بصورة واسعة لكي يكتب القسم التشريحي من كتابه« شيرورجيا ماغنا » (Chirurgia magna) . واقر غي (Guy) بقيمة مصادره القديمة المنفتحة ، ولكنه لم يكن على استعداد كاف لفهم الرسالة الاساسية في التشريح الكلاسيكي . وعلى كل وبفضل كتابه حول المشرحين في مونبليه، وبصورة اعم حول الجراحين في القرن 15 و16 قام تراث صحيح من التشريح الغالياني أفضل من التشريح الذي نقله موندينو، وذلك في الكتابات الجراحية خاصة في فرنسا والمانيا .

وتم تجديد التشريح خلال مرحلتين تراكبتا تاريخياً . فتحت مظلة الانسنة ، تمت العودة الى

(1) مدينة غاليان .

المصادر الادبية للعصور القديمة ، وتمَّ احياؤها باكثر ما يمكن من الامانة ، ثم في مرحلة ثانية ، حكمت بالفكر العام السائد في نهضة العلوم والفنون ، تثبت الجميع « بان العودة الى الينابيع القديمة لم تحدث الا تغيراً في العبودية » (ب . ديلوني) P.Delaunay. وحطمت الاطر الكلاسيكية في المحاولة من اجل الوصول المباشر الى الطبيعة كمصدر اسمى للمعرفة . وكانت في البداية انتقاد نقل المعارف ثم انتقاد المعارف بالذات .

وفي سنة 1490 ظهر الى الوجود في البندقية الطبعة الاولى، من ترجمة لاتينية، صحيحة في خطوطها الكبرى، لبحوث غاليان التشريحية ملحوقة ، في سنة 1525 بنشرة الاصل الاغريقي .

وبصورة تدريجية ، تم بخلال القرن 16 تنقية التعابير التشريحية واستبدلت التعابير ذات الاصل العربي مثل (صفاق، زربوس وميراش) بكلمات اغريقية الاصل او لاتينية الاصل. اما المسائل ذات المظاهر اللغوية الخالصة فكانت موضوع نقاش تشريحي طيلة الثلثين الاولين من القرن 16. ولكن الحماس الزائد والخاص دل على ان المسألة لم تكن مسألة تعابير: فقد كان هناك التناقض بين الملاحظات التشريحية الكلاسيكية والوسيطية .

وكان على رأس هذا الخط من التشريحيين الانسانيين الساندرو بنيدتي (Alessandro Benedetti) الذي امتاز بمعرفته للاغريقية وباحتقاره للكتب التشريحية العربية اللاتينية . ومعه بدأت شهرة المدرسة التشريحية في بادو ، حيث أسس أول مختبر تشريحي دائم . ونقل توماس ليناكر (Thomas Linacre)، وكان تلميذاً في بادو قبل ان يصبح طبيب هنري الثامن ومؤسس كلية الاطباء ، الى انكلترا هذا التشريح ذا الاتجاه الفيلولوجي اللغوي. واقام سلفيوس (Sylvius) وغوتيه داندرناخ (Gonthier d'Andernach) في باريس مركزاً محترماً .

ليونارد دا فينشي وتمهيده - لا يمكن ان نغفل العمل التشريحي الذي قام به ليونارد دا فينشي ، رغم ان هذه العبقرية ذات الموارد المتعددة تستعصي على كل تصنيف ، وان بحوثه التشريحية ، مهما كانت رائعة ، تقع على هامش النمو التاريخي لهذا الفرع من العلم. فقد شرح ليونار بعناية اثناء ثلاثة مراحل في حياته : (في ميلانوحوالي 1490، وفي فلورنسا بين 1503 و1506، ثم في ميلان بين 1510 و1511، وكانت هذه المرة الاخيرة بالتعاون مع الطبيب مارك انطوان ديلا توري (Marc Antonio della Torre) ،وسنداً لأقواله بالذات شرح ليونارد حوالي ثلاثين جُثة ، ابتداء من الجنين الى العجوز المئوي ، وكان يريد وضع كتاب كبير حول التشريح او انسيكلوبيديا حول الانسان ، ولكنه بقي في المرحلة الاعدادية لها : آلاف الرسيمات ومئات الملحوظات. ولكن اي غنى ، واي اكتشافات . في عالم ليونار يتحد الجمال مع الحقيقة وكذلك النظرية مع التطبيق. ان معارفه بالعلم الرسمي كانت ضيقة ، ولكنه في مجال التشريح الم يكن سباقاً ؟ .

بالنسبة لليونارد كانت الرسوم التشريحية وسيلة لدراسة الوظائف الحيوية . ولا يسعنا إلاّ أن ندهش أمام تفوّق تقنّيته : تشريحات بالتسلسل ، تشريحات باتّجهات عديدة ، قولبة الفجوات بالشمع ، استبدال العضلات بأسلاك من أجل إبراز طريقة تحرّك الهيكل العظمي بصورة أفضل ، الخ. بنجاح كبير طبّق

في مجال البحث التشريحي طرق مهندسي البناء الإيطاليين . كما أنّ لائحة اكتشافاته مدهشة : لن نحاول تعدادها هنا ، لأنـها بقيت مجهولة من قِبل مشرّحي القرنين السادس عشر والسابع عشر .

التيار الطبيعي المغالي في ايطاليا ـ خلال القرن 15 و خلال العقود الاولى من القرن 16، كان التشريح التعليمي والتشريح التمحيصي للجثث قضائياً، مـطبقين في عـدة مدن ايطالية . وكـانت الاسبقية تعود الى بولونيا والى بـادو والى البندقية . وازدهرت مراكز اكثر تواضعاً للبحوث التشريحية في فلورنسا وبيزا اوفرار وبيروس وجنوى وغيرها. وكان الاطباء الطلاب يأتونها من كل انحاء اوروبا. واذا كان التعليم العملي للتشريح البشري لم ينل الاجازة الرسمية الا على يـد البابا كليمـان 7 (من سنة 1523 الى سنة 1534 م) ، فان السلطات العلمانية والكهنوتية في ايطاليا قد سمحت به واحياناً شجعته ، قبل قرن على الأقل .

وظـل كتاب مـونديـنو (Mondino) ، المتوفـر من خلال نصف دزينـة من الطبعـات البـدائيـة ، ـ ثم المعـاد طبعـه حـوالي 20 مـرة بخـلال القـرن الســادس عشر ، ظـل هــذا الكتـاب ولمــدة طـويلة الكتاب المدرسي الاميز . وحتى من اجل نشر بعض الاكتشافات التشريحيـة وبعض الافكار الاصيلة ظل المشرحون في النصف الاول من القرن السادس عشر يفضلون ابراز هذه الاكتشافات بشكل تعليق على موندينو . وظلّ توجه الطب توجهاً فيزيولوجياً وباثولـوجياً مـزاجيـاً عـاجـزاً عن الاستفـادة من للعلم التقليدي ، فكلّ ذلك تعارض مع تقدم التشريح بسرعة . إلا أن التعارض أو التنافر بين نص موندينو وعقيدة غاليان « الحقة » ثم الملاحظات الشخصية التي أبداها المشرحون بدا بصورة جلية في « كتاب تشريح الجسم البشري » (البندقية ، 1502) لغبريال‌زربي‌وظهر‌الخلاف بين التراث والمتطلبات الجديدة للبحث العلمي بشكل خفي . فمن جهة أكد زاربي (Zerbi) ان الذي يريد معرفة أعمال الطبيعة يجب أن لا يثق بالنصوص التشريحية بل عليه أن يراقب الطبيعة كما تبدو لعينيه ، ولكنه من جهة أخرى ، يقبل كحقيقة أكيدة عملياً كل التأكيدات الغاليانية .

في مؤلفات جاكوب بيرنغاريو دي كاربي (Jacopo Berengario de Carpi) (كومنتاريا سوبر اناتوميا ، (Commentaria Super anatomia Mundini) ، 1521، ثم (إيزاغـوجـا بسريفي Isagogae breves ، 1522) ثم كتب الكسندر آشيليني Alessandro Achillini (انوتاسيون اناتوميكا . . 1522) وكتب نيقولا ماسا Nicolo Massa (أناتوميا . . . 1536) في هذه الكتب سادت تفاعلية تحررية فكرية كما تم رفض سيطرة غاليان . وكانت هذه التفاعلية تعمل بشكل غير ظاهر تماماً إلا أنـها كانت قوية بحيث يمتنع معها الرجوع الى الوراء .

الى آشيليني ، وكان استاذاً في بولونيا وبادو ، يعود الفضل في وصف المطرقة والسنـدان في الاذن الوسطى ، واكتشاف القناة المسماة اليوم بقناة وارتون ، ثم ملاحظة ان القناة الصفراوية تصب في اول المصران الرفيع ، وكذلك بعض المعلومات الجديدة حول معرفة الدماغ .

ووصف الاستاذ في الجراحة من بولونيا الايطالية بـرنغاريـو (Berengario) لاول مرة الـزائدة

االلدودية ، والتيموس (غـدة في العنق) والجيب السفينويـدي (الاسفيني) وطبلة الاذن والغضروف الارتينـودية . وكـان يعرف ان الرحم يحتـوي على تجـويف واحد غـير مقسـوم لا الى سبعـة ولا الى منطقتين . وكان يقول ان على المشرح ان يفضل التشريح على قراءة الكتب. وكان برنغاريو رجلاً حذراً قلما عارض غاليان بشكل مباشر ، وان هو فعل فانه يتراجع حالاً ، ظاهرياً على الاقل. مثلاً ، بشأن تشابك الاوعية الدموية الواقعة في أسفل دماغ بعض الحيوانات انما غير الموجودة عند الانسان؛ يقول برنغاريو ببساطة : هذه الشبكة لم ارها أبداً . ولكنه بعد أن محاها بجملة واحدة ونفى وجودها . يعود فيصف هذا التشكل الخيالي كما هو وارد في الكتب التشريحية التقليديـة. وفي سنة 1561 قـال فالـوب (Falloppe) ان برنغاريو هو بدون شك اول مجدد في فن التشريح المكتمـل بعد فيزال . قد يبدو هذا الحكم مسرفاً ولكنه يتطابق مع الواقعة القائلة بأن برنغاريو ، مع بقائه من دعاة التشريح الغالياني، ظهر وكأنه قادر على انجاز اكتشافات مهمة بواسطة التجربة الشخصية .

وفي البحث عن ما يسميه « ماسا » من البنـدقية : حقائق الحواس (سانسافافيرتـا) في مقابـل حقائق الكتب ، تمّ تحقيق خطوة جديدة على يد جان باتيست كانانو(Gian Battista Canano). فقد اعد هذا المشرح الفراري خارطة تشريحية جميلة (موسكيلوروم هوماني كوربوريس . . 1541) وفيها، بما يقارب ثلث النص يرفض تعليم غاليان والمؤلفين الوسيطيين ويتجاوزه . واكتشف كـاتانـو صبابـات الاوردة (1546) دون ان يستطيع تفسيرها بشكل صحيح .

المدرسة التشريحية في باريس ـ وبالمقابل في فـرنسا حصلت يقـظة الدراسـات التشريحيـة في مونبليـه. ولكن خلال النصف الاول من القرن 16 ، اصبحـت بـاريس المركـز الذي لا ينـازع بفضل تعليم جاك ديبـوا (Jacques Debois) الملقب بـ سلفيوس (Dit Sylvius) وجان غونتيه دانـدرناخ (Jean Gonthier d'Andernach) .وكـانا معـاً خبـيرين في الفيلولوجيا الكلاسيكية ومدافعين عن الغاليانية .

وكان عدد تلامذتها ونوعيتهم ملفتا (فقد كان بينهم فيزالVésale، واتيانEstienne، وفاسيVassé، وسرفيتوServeto) . وبعد نشر كتاب فيزال والهجوم العنيف من سلفيوس Sylvius، اصبح المعلم والتلميذ عدوين لدودين . فقد هزأ فيزال من طريقة سلفيوس في تعليم التشريح . رغم ان بعض اتهاماته تكذبها شهادة نويل دي فايNoël de Fail الدقيقة .

ورغـم ان درس سلفيوس غالياني الطابع بشكل اكيد فهو لم يكن كتبياً كما يقال عادة . فقد احل محل التبيان السلبي للاحشاء ، التشريح العملي لكل الاعضاء ولكل الاطراف . وقد ساعد سلفيوس بشكل حاسـم في وضع معجمية تشريحية واضحة ودقيقة . كما انه كان في اساس دراسة الجيوب الدماغية بواسطة تقطيعات طولية وعرضية ، نشرها واذاعها تلميذه دريندر Dryander، واستغلها فيزال . وحسن في تقنية الذوق التشريحي . وكان الاول على الاقل، الذي اشار الى هذه التقنية في كتاب مطبوع .

لا شك ان سيلفيوس بمعارضته للاصلاح الذي قام به فيزال قد لعب دوراً سلبياً في تطور علم التشريح . وكان عماه المعتقدي ، قد حمله ـ حتى ولو امام واقعة نَخْر نسيجي (موت نسيج حي) لا ينطبق مع الوصف الذي قدمه غاليان ـ على ان يفضل ان يرى في هذه الواقعة تخلفاً في النوع البشري حتى لا يقول بخطأ العالم الاغريقي .

وفي سنة 1535 نشر الطبيب الإسباني اندريه لاغونا (Andrés Laguna) في باريس كتاباً في التشريح يتضمن اول وصف حقيقي صحيح لصمام في المعي اللفيفي الاعوري . وفي سنة 1539 حضر شارل اتيان (Charles Estienne) وهو عضو في جمعية الناشرين الباريسيين الشهيرة ، حضر بالتعاون مع الجراح اتيان دي لاريفير كتاباً تشريحياً مصوراً . ولكن للاسف قامت دعوى بين المؤلفين فاخرت نشر الكتاب حتى سنة 1545 . وهكذا سبق كتاب فيزال كتاب اتيان . وبالطبع كان كتاب الطب للطبيب والناشر الباريسي مكتوباً باللغة اللاتينية . ولكن اتيان بعد 1546 ترجمه الى الفرنسية بنفسه : « تشريح اجزاء الجسم البشري . . » ولكن الآراء حول قيمة هذا الكتاب كانت مختلفة . ولكن من المؤكد ان اتيان كان ضد التقبل الاعمى للتشريح الغالياني . وقد اكتشف عدة اكتشافات مهمة وان كانت في نظر معاصريه غير مقدرة . مثلاً عرف اتيان الثقوب التي يمر منها الغذاء الى العظم ، وميز بوضوح بين العصب الحبي (سمباتيك) والعصب الرئوي ـ المعوي ، كما اعطى اول وصفٍ مرضي للغضروف المفصلي في المفصل الصدغي الحنكي وكذلك في الرباط العظمي الدائري الكعبري (الزند الاعلى) .

كما رسم انتفاخات النخاع الشوكي ، واشار لاول مرة الى وجود قناة الى غشاء جوف الدماغ من النخاع الشوكي كما لحظ وجود السائل الدماغي الفقري . ولاحظ اتيان ، مثل كانانوCanano الصمامات الوريدية دون ان يعرف اهميتها .

علم الايقنة (نسبة الى ايقونة) التشريحي ـ لقد وعى انسان عصر النهضة الكرامة المثلى للانسان وظرفه البشري . وكان يعتقد انه سيد الطبيعة ، وذلك ، ليس فقط بسبب مكانته في النظام الديني ، بل ، وبشكل خاص ، بفضل قواه الذاتية ، ورغبته في التحكم . ان « الانثروبوسنتريسم » أي الايمان بان الانسان هو محور الكون ، الفلسفية والجمالية ، وقد اصبحت موقفاً مترسخاً ومعلناً ، جعلت الحكمة الدلفية : « اعرف نفسك بنفسك » حاضرة حضوراً ملحاً ، حتى في معناها الاكثر حرفية : المعرفة الفيزيائية للجسم البشري . هذا الجسم الذي ـ كما يقول المشرح ماساMassa ـ هو الشهادة الاعظم على كمال الطبيعة . ان نظرة الرسامين مأخوذة بالعاري . وهذه النظرة تريد اختراق الجلد الى ما تحته . ولم يكن ليوناردا فينشي الوحيد بين الفنانين الذين اهتموا بالتشريح ، رغم ان احداً لم يُشَرِّح بمثل كفاءته : فيروشيوVerrocchio ، ميكل انجMichel – Ange ، دوررDurer ، منتغناMantegna ، وروسوRosso ، واخرون كثيرون من المشهورين يمكن ذكرهم هنا . واذا كان

نشاطهم قد حصل دون ان يمس البحث العلمي، فقد كان له، مع ذلك، تأثير عميق على هذا البحث.

وعند المفصل بين القرن 15 والقرن 16 حلت المطبعة محل الايقنة (ايكونوغرافي) القديمة والوسيطية ، دون ان تحدث تغيرات اساسية. وكانت الكتب الاولى المزينة بصور بشرية ترتدي طابعا تشريحياً مثل كتاب (فاسيكول مديسينا(Fasciculus medicinae) للمؤلف جوهان دي كيتام (Johannes de Ketham) (البندقية 1491) ثم كتب ج. بيليغ J. Peyligk (1499).وج.دي سبار J. Despars (1500) وم. هوندت M.Hundt 1501،ثم ج. ريش (G.Reisch 1503) هذه الكتب تضمنت خشباً محفوراً رخيصاً وساذجاً في مظهره . في هذه الرسوم عالج الفنان لغة ايقونية لم تعد لغتنا . ان هذه الزيلوغرافية (الحفر على الخشب) ، وهي تعيد ابراز نماذج كرسها العرف وارتبطت بمخطّطات تشريحية قديمة ، لم تهدف الى تحقيق صورة امينة للواقع . بل حققت رسيمات وايدوغرامات (رمز فكرة) لاعضاء يحتل فيها كل تفصيل قيمة رمزية .

وفي سنة 1518، زين الطبيب الالماني لورانس فريز (فريزن) (Lorenz Fries (Phryesen) كتابه : سبيغل در ارزني (Spiegel der Artzny)، برسوم تشريحية بدت، من حيث مضمونها العلمي، قليلة الدقة كحال رسوم مغنوس هوندت (Magnus Hundt)1501، ومع ذلك تبدو لنا اكثر ملاءمة. وهذا الاحساس يبدو ابرز في مواجهة لوائح جاكوبو برنغاريو Jacopo Berengario، 1522، حيث يبرز للعيان استبدال ـ تناقص ـ للرزمية في المحفورات الوسيطية بتقنية حديثة للرسم التشريحي. وبدت ايكونوغرافية شارل إتيان (Charles Estienne) اكثر غنىً، وان لم تكن افضل دائماً . فقد كانت تشكو من صراع بين نهجين ، إذ وُجِدَتْ رسوم بدائية ذات طابع تقني محشورة داخل تأليف فنان دقيق يتلذذ بدراسة مختلف اوضاع الجسم البشري تلذذاً مادياً .

وبلغ الفن الجديد كماله في اطلس كانانوCanano، 1541، وفيه بدت الرسيمات (زيلوغرافيا) وكأنها تتراجع امام المحفورات على النحاس، كما في كتاب فيزالVésale الضخم، 1543. وكانت الصور المتحركة ، تظهر العضلات والعظام في حالة العمل ، وكانت اخاذة في جمالها الاستثنائي . ولكن القيمة الفنية كانت تغطي احياناً على بعض الإعوجاجات . ولم يتحقق التثبت من ان الثورة الايقونية ، أو الانتقال من الرمزية الى الواقعية ، لم تقترن تماماً بتقدم المعلومات التشريحية ، إلا بعد مقارنة النص بالصورة . والتحليل الاستطرادي من قبل العلماء كان يأتي بعد التجربة الحدسية التي يقوم بها الفنانون اكثر مما كان يسبقها .

فيزال (Vésale) ـ تبرز حياة اندريه فيزال (André Vésale) (اندري ڤان ويزل Andries Van Wesel) الاسم اللاتيني بحسب العرف الانسني المغير الى اندريا فيزاليوس Andreas Vesalius). الصفة الدولية للنشاطات الطبية في القرن 16. كان فيزال من اصل جرماني. ولد سنة

1514 في بروكسل حيث كان ابوه صيدلي الامبراطور. وتلقى فيزال ثقافة ممتازة كلاسيكية في مدينته التي ولد فيها ثم في لوفان، وبعدها درس الطب في باريس ولوفان وبادو. وفي هذه المدينة الاخيرة، وبين 1537 و1543، علّم التشريح بنجاح كبير وحَضّرَ لعمله العظيم . وبعدها ترك البحث ومهنة التعليم ليصبح طبيباً خاصاً عند شارل ـ كانت (Charles-Quint) ثم عند فيليب الثاني . ورافق فيزال الامبراطور في حملاته واكتسب معارف ممتازة في الجراحة . وعاش في بروكسل ثم في اسبانيا ومات سنة 1564 فوق الجزيرة اليونانية زانتي اثناء عودته من حج الى الارض المقدسة. واذا كان بالامكان الكلام عن اعجوبة فيزالية بسبب الظهور المفاجيء لتقنية عليا في التشريح ثم لتمثيل شبه كامل للاشكال التشريحية فيجب الاعتراف بأن هذا العمل يرتبط بممارسات مدرسة بادو ، كما استفاد من التوجه الطبيعي للتلوين الايطالي .

والى حين وصول فيزال الى بادو كان يعاني من المصاعب في الحصول على الجثث، ومع الأسف، لم تكن اسطورةً حكايةُ انه سرق من المقابر، ومن المشانق في باريس وفي لوفان جثث الاموات حتى يدرس هيكلها .

وفي كتابه تابولا اناتوميكا ، الذي أعد ونشر سنة 1538 ، من قبل جان اتيان كالكار ، (Jean Etienne Calcar) أحد تلامذة تيتيان (Titien) ، انستيتوسيون اناتوميكا الذي وضعه غونتيه داندرناخ (Gonthier d'Andernach) ؛ وكان فيزال في ذلك الوقت تلميذاً من تلامذة غاليان (Galien) . وتحت تأثير معلميه الباريسيين تجاوز فيزال الخطوة الأولى خطوة العودة إلى المراجع الأصيلة الاغريقية ولكنه لم يجتز الخطوة الثانية أي العودة إلى الطبيعة بالذات . وكان يعلم أن غاليان لم يكن معصوماً من الخطأ ، فكان يرى أن النظام الغالياني في مجمله هو نظام لا شائبة عليه ، يكفي فيه تصحيح بعض التفصيلات . من ذلك مثلاً ، أنه في لوحاته ، صحح الوصف الكلاسيكي للساكروم (العجز) والفك (الذي كان يعتقد أنه ملحوم في وسطه) ووصف البروستات . وفي باريس سبق له أن اكتشف المصب الحقيقي للوريد الكبير الجامع [بين الوريدين الأجوفين] ، وأثناء اقامته في لوفان ، وأثناء تشريحه لجثة امرأة شابة ، شاهد لأول مرة في تاريخ العلوم ، الجسيم الأصفر المبيضي . وكانت السنتان 1539 و1540 المنعطف الحاسم في حياته . ففي الوسط الليبرالي في بادو ، ولأول مرة حصل فيزال على وسائل كافية للتشريح .

واثناء محاضراته في جامعة بولونية (ايطالية) حيث دعي اليها في كانون الثاني 1540، ليقدم دروساً في التشريح ، اطلق تحدياً حقاً ضد التشريح الغالياني . هذه الواقعة كُشِفَ عنها حديثاً بعد نشر مذكرات التلميذ الالماني ب. هسلر (B.Heseler) الذي كان يحضر محاضرات فيزال . لقد رفض فيزال ، وهو يدعو الى اعتماد سلطة التشريح فقط ، القول بان الكبد تتضمن خمسة تجويفات وانتقد ايضاً اراء اخرى لغاليان .

وطلبت دار النشر البندقية (دي جانت) أن يقدم ترجمة جديدة لاتينية للكتب التشريحيةالعائدة لمعلم برغام Pergame. وعاد فيزال الى المخطوطات الاغريقية وفهم ان غاليان لم يُشَرِّح على الاطلاق جثثاً بشرية ، بل انه طبق على تشريح الانسان الملاحظات الحاصلة من جراء تشريح الحيوانات . واثبت ان علم العظام الغالياني يعود الى القرد لا الى الانسان .

واذاً لا بدَّ من اعادة صنع كل التشريح البشري من جديد. انه مشروع جريء وضخم ولكن فيزال الذي قارب الخامسة والعشرين من العمر ولما يكد، انصرف بكل حماسه اليافع الى الامر. وبخلال ثلاث سنوات اعد الأطلس الجديد للكون الصغير: « سبعة كتب حول بنية الجسم البشري » (نصف قطع) من حوالي 700 صفحة مع 300 صورة .

ورغم ان فيزال كان رساماً ممتازاً ، الا انه عهد بالقسم الاصعب من الصور (ايكونوغرافيا) الى رسامين محترفين يبدو أنهم كانوا يعملون في معمل تيتيان (Titien) وساعد فيها « جان اتيان كالكار » (Jean Etienne Calcar) بعبقريته . وأشرف فيزال بنفسه على كل أعمال الرسامين ، ولأسباب نجهلها أصر على إبقاء هؤلاء مجهولين . وتم حفر الألواح الخشبية في البندقية ، ثم نقلت الى بال ، حيث في سنة 1543 ، وفي مطبعة جان اوبورنيوس (Jean Oporinus) وتحت الرقابة الشخصية لفيزال ، صدرت أول طبعة عن « فابريكا » . وبعد ذلك بعدة أسابيع نُشِرَ مختصرٌ لاتينيٌ عن هذا العمل : « ابيتوم » . وتضمنت الطبعة الثانية من الأطلس الكبير ، المطبوعة في ذات المدينة سنة 1555 ، صفحة جديدة للغلاف مصورة مع اضافات مهمة .

تضمن كتاب « هوماني كوربسوريس فابريكا «Humani Corporis Fabrica» سبعة أجزاء . الاولان مخصصان للعظم والعضلات ويستحقان اهتماماً خاصاً بسبب اصالتهما وبسبب توجههما التعليمي . من لم يُعجب بالسلسلة الشهيرة من المسلوخات ومن الهياكل العظمية وهي في مختلف اوضاع الحركة . ومن بين التجديدات نشير الى رسمة العظم الاسفيني (Sphenoide) والرسغ (عظم المعصم). والمثل المذكور غالباً هو من غير شك رسمة عظم القص . فسنداً لغاليان يتألف هذا العظم من سبعة عظام . وفي « تابولا » (Tabulae) 1538 كان فيزال مع التراث . وكان سيلفيوس (Sylvius) قبل ذلك بقليل، قد لاحظ ان التشريح يكذب الرأي الغالياني ، ومن اجل انقاذ سلطة النصوص القديمة ، افترض وجود تضاؤل تقهقري في القفص الصدري عند الانسان، مع تضاؤل تدريجي في عدد اجزاء عظم القص . ولما راى اتيان Estienne ان القص في الجثث فيه ثلاثة اقسام لا سبعة، انسحب من الامر بمهارة مدرسية خالصة فقال: ربما كان غاليان Galien قد عدَّد الاقسام منفصلةً من الجهة اليسرى ومن الجهة اليمنى ، فاذا اضيف اليها الزائدة الغضروفية الرهابية يصبح عددها سبعة . وفوق لوحة من لوحات « فابريكا » قسم القص الى خمسة اقسام (وربما كانت هذه اللوحة هي الاقدم في الكتاب) ولكن في الرسم الخاص ، وكذلك في النص التفسيري بدت الحقيقة صارخة بيِّنة .

ويعالج القسم الثالث والقسم الرابع من الكتاب الاوردة والشرايين والاعصاب . ولم يحافظ على المستوى المرتفع الموجود في الفصول الاولى. فاكثر التجديدات مضللة . ومن بين اهم هذه التجديدات افكار عامة حول طبيعة الاعصاب .

أما الفصل الخامس والسادس فمخصصان للبحث في الاحشاء : احشاء المعدة ثم أعضاء القفص الصدري . وقد ورد وصف جيد جداً للامعاء ثم للمرارة في حين وصفت الكبد بشكل غير جيد وكذلك الطحال والكليتان والأعضاء التناسلية .

وقد وجد فيزال نفسه في وضع محرج : فهو مع تحرره من التشريح الغالياني ظل يقبل بالافكار القديمة حول الفيزيولوجيا، وهي أفكار ضللت ملاحظاته. وتعتبر بحوث فيزال في القلب ذات أهمية خاصة. إذ انطلاقاً من هذا العضو سوف تقلب الفيزيولوجيا الغاليانية . فقد اقترب فيزال من معرفة طبيعة القلب العضلية ووظيفته المحركة ، الا ان افكاره المسبقة حول حركات الدم والارواح منعته من الرؤية الواضحة . وقد لاحظ تواقت انقباض القلب (السيستول) مع تواقت النبض ، ولكنه كان مقتنعاً بان تمدد وتقبض القلب هما عمليتان سلبيتان ، ولم يستنتج من ملاحظته اي استنتاج مفيد. وانكر فيزالVesale «العظم القلبي» الذي قال به غاليان، واكثر من ذلك، لاحظ انعدام المسام بين الحاجز الموجود بين البطينين، وهذا امر مهم لفهم حركات الدم. وفي الطبعة الأولى من كتابه فابريكا، اكتفى ، بهذا الشأن ، باشارة ربما تكون ساخرة ، ولكنها بالتأكيد مترددة ؛ وفي الطبعة الثانية ، صرح بوضوح بعدم وجود هذه المسام . ولكنه اعترف بشرف بأن تفسيره للقلب ينسجم مع تفسير غاليان : « لا لاني اعتقد بأنه صحيح تماماً ، بل لاني أتردد في محاولة وصف جديد تماماً لوظائف القلب » .

واخيراً يشتمل القسم السابع على تشريح الدماغ ، ويعطي شروحات على تشريح الحيوانات الحية . ان وصف الجهاز العصبي المركزي هو بدون شك افضل ما في عمل فيزال : التمييز بين المادة البيضاء والمادة الرمادية ، ثم تمثيل ممتاز للبطينات وللغدة الصنوبرية وللحبيبات التوائم الاربع ، ثم الذنيبات (Pédoncules) الخ. أما الشبك الجميل (Rete Mirabile) الموجود في كتاب تابولا (Tabulae) فهو مرفوض نهائياً . ويشرح فيزال انه آمن لفترة من الزمن بوجود هذا التكوين التشريحي لانه عثر عليه عند تشريح الاغنام .

الا ان فيزال لم يتحرر تماماً من التشريح الحيواني. من ذلك مثلاً ان وصفه للوريد الاجوف ولفروع الشريان الاعور يتطابق مع أوعية القرد لا مع اوعية الانسان. أما العين التي يصفها فليست عين إنسان. وقد اخطأ حين قال بوجود عضلة تذهب من الرقبة لترفع الصدر ، وان الشرايين الدماغية تنتهي في التجاويف، وان المخاط يدرج من الدماغ الى الانف ، وان النخاع الشوكي يصل الى القناة العجزية. الخ. اما لائحة الاغلاط فهي طويلة ولكنها يجب ان لا تنسينا ، كما يقول هنتشي ، ان فيزال قد انحرف عن المفاهيم الغاليانية في اكثر من مئتي نقطة . فضلاً عن ذلك لقد غيَّر تغييراً جذرياً

تقنية التشريح .وحسَّن في التعابير التشريحية . واليه يعود الفضل في ايجاد تعابير بسيطة مثل الحوض «والصمام الميترالي » « والمطرقة والسندان » .

خلفاء فيزال ـ رغم شدة بعض النقاد العضوضيين ، الذين اذتهم اللهجة غير الموقرة لتصاريح فيزال ، فان فضائل هذا الاخير لم تكن موضع شك . من المهم ان نشير الى ان الانتقادات لم تصدر كلها عن المدافعين الثابتين على محبة غاليان . بل الاقسى من ذلك ، ان فيزال قد انتُقِدَ من قبل كولومبوColombo الذي كان يخدم ذات المثال، والذي كان يأخذ على معلمه بعض النواقص وبعض الاخطاء الغاليانية ، اي توقفه في منتصف طريق التحرير الكامل للتشريح .

ظلت بادو ، طيلة القرن 16 المركز العالمي للبحوث التشريحية ، رغم ان فيزال كان قد ترك هذه المدينة منذ 1543 . واتمّ تعاليمه ، في بادىء الامر ريلدو كولومبو (Reldo Colombo) ثم غابريال فالوبيو (Gabriele Falloppio) ثم جيرالومو فابريسيو. (Girolamo Fabricio) داكوابندانتي (d'Acquapendente) معلم هارفي (Harvey) .

وبعد اقامة قصيرة نسبياً في بادو ، علم كولومبو (Colombo) التشريح في بيزا وفي روما . وبفضل حس نقدي متطور جداً ، وبفضل امكانية اجراء عدد كبير من التشريحات ، استطاع هذا المشرح العالم ان يصحح وان يكمل عمل فيزال حول عدة نقاط ، وخاصة في وصف مضمون القفص الصدري باستثناء الرئتين (« مدياستين » = المنصف)، والاغشية المصلية وعضلات الحنجرة والعين . وبيّن كولومبو ان الدم يمر من الرئتين الى الاوردة الرئوّية ويصل اذاً بهذا الطريق من البطين الايمن الى البُطين الايسر من القلب . ووصف في فصل خاص المظاهر غير الطبيعية للاعضاء ، بحيث اصبح بعد ، آ. بنيڤيني (A.Benivieni) (1507) رائد التشريح الباتولوجي الطبي . وكتابه « دي ري اناتوميكا» (De re anatomica) (المنشور سنة 1559، بعد موت كولومبو) كان مقدراً جداً بسبب لغته الواضحة جداً والبسيطة . وكان ينقصه فقط الصور الايضاحية .

كان غبريال فالوبيو (Gabriele Falloppio) (فالوب) من مودين (Modène) الاستاذ في فرار (Farrare) ثم في بيزا (Pise) ثم في بادو (بعد1551)، محضر تشريح بارعاً ، وقد ألَّف « الملاحظات التشريحية » (البندقية 1561) . وكان بعد فيزال ، اشهر حرفي صناع للتشريح الجديد، ولم يخطىء المؤرخ الالماني هيزر (Haeser) عندما أكد ان فالوب (Falloppe) تفوق على فيزال بدقة ملاحظاته وبعدد اكتشافاته . فقد وصف حبل الطبلة ، والاقنية النصف دائرية في الاذن الداخلية ، والتجويف الاسفيني (Sinusphénoide)، والقناة المهبلية ، الخ . وقد لاحظ فالوب ،وهو يصحّح فيزال ، ان الشرايين الدماغية لا تنتهي في التجاويف ، وان النطفة البشرية ليس لها حويصلة مشيمية (allantoides، الخ . وأقر التشابه في الاعضاء التناسلية بين الرجل والمرأة . واخيراً ، كان الاول بالكلام عن تشريح الاقسام المتشابهة ، مستشعراً بالتالي فكرة النسيج . وأسس خليفته على كرسي التشريح في بادو ، فابريسيو داكوباندانتي ، مدرج التشريح في هذه الجامعة ، واعد اطلساً عظيماً

بالالوان للتشريح المقارن (ما يزال حتى الآن بشكل مخطوط) ، وعلّم الدراسة المنهجية لعلم النطفة ووصف الصمامات الوريدية .

وكان هناك عالم بالتشريح من مستوى فيزال وفالوب ، يعمل دون اتصال بمدرسة بادو : هو بارتولوميو استاشي Bartolomeo Eustacchi (استاش) استاذ في جامعا سابينزا Sapienza في روما ، وكان انسانياً ذا علم موسوعي نادر ، وبذات الوقت طبيباً ومشرحاً . فعدا عن العديد من الاكتشافات عن طريق التشريح وفقاً لاسلوب فيزال (القناة التي تحمل اسمه ، عضلات المطرقة والسندان ، الغدد الكظرية (فوق الكليتين) ، الخ) . دشن هذا العلم « آناتوميا ارتيفيسيوزا وسبتيلوس (كما اسماه مؤلفو القرن 17) أو تشريح الانسجة ، الذي اراه التركيب الدقيق للاعصاب وللنسيج الكلوي .

نشير أيضاً الى مدرسة بولونيا بقيادة قسطنطين فاروليو (بحوث حول الدماغ) وجوليو سيزار ارانزيو (Giulio Cesare Aranzio) وكان في عصره عارفاً لا يبارى بالتشريح الجنيني)، والى مدرسة فرار بقيادة كانانو، والى مدرسة نابولي بقيادة جيوفاني فيليبو انغراسيا (Giovanni - Filippo Ingrassia) (أستقصاءات عظمية ، اكتشاف الحويصلات المنوية الخ)، ومدرسة بيزا مع غيدو ـ غيدي (Guido guidi) (فيديوس) استاذ قديم في الكلية الملكية في باريس (وخاصة البحوث حول عظام الجمجمة)؛ وخارج إيطاليا يشار الى مدرسة مونبليه مع غليوم روندلي (Rondelet) (الذي أسس سنة 1556 مدرجاً للتشريح ، كما كان مدققاً بارعاً واصيلاً) ومع اندري دي لورنس (André du Laurens)، وكذلك مدرسة بال مع فليكس بلاتر (Félix Platter) وتيودور زونجر (Theodor Zwinger) وغاسبار بوهين (Gaspard Bauhin) .

وظلت باريس لمدة طويلة قلعة الغاليانية . في هذه المدينة لم يزدهر الاتجاه الجديد في البحوث التشريحية الا بخلال القرن اللاحق. واذا كانت كلية الطب قد حاربت كل تجديد، فقد كان الاطباء يفضلون الحس السليم وشهادة العين المباشرة على التعليم التقليدي . وكانوا يشرحون بوعي دون أن يصلوا مع ذلك الى اكتشافات مهمة. ونشرت اعمال باري (Paré)، وبصورة خاصة كتابه « الاناتوميا الشاملة للجسم البشري » (1561) افكار فيزال لدى الممارسين. وعلى الرغم من أن كلية الطب في باريس، احتفظت حتى نهاية القرن بموقف تقهقري تجاه البحث التشريحي ، فان احد اساتذتها، جان فرنل، هو الذي،بعيد 1542 ، اطلق الجملة الجميلة التي كثيراً ما كررت من بعده: ان التشريح ضروري للطب كضرورة الجغرافيا بالنسبة الى التاريخ .

II ـ الفيزيولوجيا

الفيزيولوجيا عند فرنل Fernel ـ في سنة 1542 ، نشر الأستاذ الباريسي جان فرنل كتاب « دي ناتورالي بارتي ميديسيني » ، . وكان أول دراسة (مونوغرافية) وافية حديثة حول « الفيزيولوجيا » . وابتكر فرنل الكلمة ، وفي الطبعة الثانية من الكتاب المذكور ، استخدمها في العنوان الجديد :

« اونيفرسا مدسينا ليبر بريموس : فيزيولوجيا ليبري سبتم » (باريس 1554) . وفي الترجمة الفرنسية اصبح العنوان : « الكتب السبعة حول فيزيولوجيا الطبيعة الانسانية » . وكمدخل الى الطب ، يهدف كتاب « الفيزيولوجيا » الى درس الانسان بالنسبة الى « الأمور الطبيعية » (رس ناتورالي Res naturales (لتمييزها عن « الأمور الطبيعية وفوق الطبيعية » (رس براتر ناتورام وسوبر أناتورام) . Supra naturam, res Praeter naturam . وقد حدد كهدف للفيزيولوجيا المعرفة : « حول طبيعة الانسان السليم ، وقواه ووظائفه » . ان فيزيولوجيا فرنل تختلف تماماً عن الباتولوجيا وعن الدراسات العيادية ، وهي لا تنفصل عن التشريح وعن السيكولوجيا . وهذه الفيزيولوجيا تدخل في علم أناسة (انتروبولوجيا) نفسي وجسدي ، وفيها لا يمكن درس الجسد بدون النفس ، والشكل بدون الوظيفة .

وبعكس فيزال ، الذي فتح حقبة جديدة في البحوث التشريحية ، يمثل فرنل ذروة النظرية القديمة اكثر مما يمثل بداية مقاربة جديدة في دراسة الوظائف الحيوية . وقد اشتقت العبارة اشتقاقاً الا ان العلم الجديد لم يتكون رغم ذلك .

واليوم يبدو لنا عمل فرنل وكأنه الجهد الاخير الكبير، المبرر تاريخياً ايضاً . من اجل بناء نظام فيزيولوجي استنتاجي غائي ، مرتكز على معاني النوعية ، ومتجاهلاً أساليب التجريب الكمي . ان فرنل يرى بأن النفس هي المبدأ وهي السبب في كل وظائف الكائن الحي . فالنفس « بقدراتها الطبيعية » تحرك الجسد، وتهضم الاغذية الخ . و« الانفاس » او الانسام (= الارواح) تستخدم كواسطة بين النفس والاعضاء : «فالانسام الطبيعية » تساهم في التغذية وفي النمو ، اما الانفس الحيوية فتنعش حركة الدم والنبض والتنفس. اما « الانفس الحيوانية » فتجعل الحركات ممكنة ، حركات العضلات والادراكات من خلال الحواس. في هذه الشبكة العامة تدخل بدون صعوبة ، العقيدة الكلاسيكية حول العناصر ، والصفات ، والامزجة ، والطبائع . ان علم التشريح يبدو ، من حيث المبدأ، كأساس تفسير عقلاني للوظائف الفيزيولوجية الكبرى، ولكنّه، في الواقع مرتبط باحتياجات تفسير غائي عالي التأمل. وظل غاليان المعلم الاكبر. واذا كان فرنل، في كتابه الفيزيولوجي قد ذكر غاليان 18 مرة فانه استند الى ارسطو ثمان وثلاثين مرة .

ولم يكن التشريح ، بمفرده قادراً على التغلب على العقبات العلمية المعرفية التي كانت تقطع الطريق امام الفيزيولوجيا . لقد شاهدنا تردد أمثال فيزال عندما يتعلق الامر بمعارضة غاليان في مجال يتجاوز علم الشكل(مورفولوجيا) . ومع ذلك فقد كان لديه فكر انتقادي ممتاز ، واكثر من ذلك ، كانت له تجربة اكيدة في علم تشريح الحيوانات الحية . وقد درس فيزال على الخنازير الحية ، وظيفة الاعصاب ومارس حتى استئصال الطحال تجريبياً . اما كولومبو، فقد خصص في كتابه التشريحي فصلاً للتشريح على الحي ؛ وهنا أيضاً وردت ملاحظات حول القلب والدماغ والدورة الرئوية عند الكلب .

واجرى غيدو غيديGuido Guidi، وف. كواتر V. Coiter وغيرهما ، تشريحات حيوانية على الحي .

واستخدم فرنل بنفسه مثل هذه الوسائل كما دلت على ذلك تجربته حول تواقت الانقباض القلبي والنبض .

العقيدة القديمة والاتجاه الجديد ـ ظلت الفيزيولوجيا ذات الاستلهام الغالياني العقيدة السائدة طيلة القرن 16 ،ولم تكن فيزيولوجيا بالمعنى الحديث للكلمة بل نوعاً من الانتروبولوجيا (علم الاناسة) الغائية التي تشكل فيها الأحداث(البسيشية)النفسانية عناصر فيزيولوجية بالمعنى الضيق للكلمة. وعبر المغامرة الوسيطية تقلصت الغاليانية نوعاً ما ووصلت الى القرن 16 مع مزيج كبير من الارسطية .

واذا كان فرنل هو أعلى تعبير عنها، فان المؤلفات العلمية الدينية ، بخلال الحقبات الوسيطية المتأخرة جداً ، مثل « دي ناتورا هومينيس » للاسقف نمزيوس (Némésios)، قد تمتعت دائماً بمكانة قلما مست ؛ وقد أعيد طبعها عدة مرات واستعملت ككتب متداولة .

ولم تؤد المعرفة الافضل للمورفولوجيا (علم تشكل الحيوانات) الداخلية للانسان الى اعادة النظر بالوظائف الجسدية ، بصورة مباشرة. اما التيارات التجديدية فقد نشطتها عوامل اخرى. وفي فجر الفيزيولوجيا الجديدة ظهرت في البداية بواكير الطب التجريبي والتأملات حول النظام الكيفي في مؤلفات نقولا دي كوي (Nicolas de cues)، ثم البحث عن تفسيرات الحيوية الميكانيكية (بيومكانيك) التي ظهرت اثارها موزعة في مذكرات ليونار دا فنشي Leonard de Vinci، ثم اشعاع الافلاطونية الحديثة ، ومفاهيم جديدة للخيمياء بشأنها وضع باراسلس هجوماً عنيفاً ضد عقيدة غاليان .

وقد سبق في القرن 16، ان قامت حملة جادة ضد النظام القديم لدورات الدم والارواح . ان مرور الدم من النصف الايمن الى النصف الايسر من القلب عبر الرئتين قد وصفه سرفيتو ـ 1553) (Serveto) ثم كولومبو (1559)، ثم فسره سيزالبينو (Cesalpino – 1571) في اطار نظرية حول « الدورة الدموية » أعم انما مبهمة نوعاً ما. ومن الممكن ، عن طريق الباغو (Alpago)، ان يكون بعض العلماء الايطاليين قد عرفوا معلومات ابن النفيس وهو يتكلم عن مرور الدم بالرئة[1]. ولكن باجل (Pagel) اثبت ان اعتبارات فلسفية لعبت في صياغة هذه الرؤى الجديدة، دوراً على الاقل لا تنقص اهميته عن أهمية الملاحظات التشريحية .

ونحن مدينون لباراسلس (Paracelse) بالعقيدة الوحيدة المتماسكة والتي تتعارض تماماً مع الفيزيولوجيا الكلاسيكية. ان الفيزيولوجيا الباراسلسية ، المشبعة بالتصوف وبالخيمياء وبالتنجيم ، لم تكن تتميز ، برأينا ، الا بفضيلة واحدة حقة : هي الاصالة . اذ لم تعد العناصر القديمة والامزجة تعتبر المكونات النهائية للمادة وللجسم البشري، بل كأجسام مركبة. واصبح « الكبريت » و« الملح »

(1) راجع المجلد I ، القسم الثالث ، الفصل 2 .

خيميائي ، يتناسب اكثر مع المبادىء : « الاحتراق » ، و« التبخر » و« الصلابة »، لا كمواد بالذات .

و« الزئبق » تمثل العناصر الثلاثة الخيميائية التي تشكل ركيزة الطبيعة . ويجب فهم هذه الكلمات بمعنى

والقوة اهم من المادة . والروح تتحكم بالحياة وليست الامزجة . ومفهوم « الروح » [اسم اطلقه الخيميائيون على مبدأ الحياة]وهو نوع من الرُوح تتحكم بالوظائف الحيوية ، ثم نوع من الفلسفة النجومية المعقدة وأخيراً افتراض سلسلة من «الانتيا » (الكينونات) تطبع الرؤية البارسلسية بطابع الحتمية العضوية المندمجة في نظام كوني .

وكان التأمل الاكثر اضلالاً يحاذي تجريبية مبشرة بالخير. وهكذا ، ومع الباراسلسيين حل الوزن والفحص الكيميائي للبول محل النظر اليه الذي كان سائداً في القرون الوسطى .

وسنداً لديبجن (Diepgen)، أضاف باراسلس الى النظرتين الكلاسيكيتين في الفكر الوسيطي [(« مادية » العقيدة المزاجية و« ميكانيكية » الذرية (من ذرة)]. اضاف مفهوماً ثالثاً هو « الديناميك

إلا ان تيودور زوينغر (Theodor Zwinger) عندما كتب سنة 1580 (تقريباً) كتابه : « فيزيولوجيا مديكا » (طبع سنة 1610) كانت أهم مصادر علمه ، ودائماً ، غاليان وابن سينا

الحيوي » او التفاعل الحيوي . وبهذا الشأن لم يعد المعتقد الغالياني، في القرن 16 ، هو المعتقد الوحيد الممكن لدى الاطباء .

الفصل الرابع :
فن الشفاء

I ـ تطور عقيدي وانتشار تعليمي

الاصول الميتافيزيكية للمرض ـ تجددت الدروس القاسية في الباتوجنية (تـولد الامـراض) المقدسة ، التي سبق ونص عليها العهد القديم ، في العالم المسيحي ، متجسدة في أعين الجمـاهير من خـلال الزينـات التي تتناول العجـائب الوسيـطية : في الافـريزات (Frises)، وعنـد أقـدام « الاب الازلي » ، وسكـان السمـاء، السابعة والملائكة والقدسيين ؛ وعلى المسرح، البشرية المعذبة والخاطئة : وفي الاسفل يفتح الجحيم فمه الملتهب بشياطينه ومجرميه . ومن طبقة الى طبقة تتعدد العلاقات . وبيد منتقمة يرسل العلي القـدير العجـائب والمصائب . وفي الـوحوش استشف امبرواز باري (Ambroise Paré) علامات « غضب الله » . وكثر القديسـون وهـم خلفاء الالهة المحلية الصغيرة ، وورثة العبادة التي اصبحت مسيحيـة ، عبادة الاشجـار والاحجار والمياه(وخـاصـة الميـاه الحـارة)، هؤلاء القـديسـون المتخصصون المعينون من قبل التراث الشعبي أو الاسطوري لرعاية المرضى والحجاج اعطوا او ابرأوا من الأمراض. ومن الجوزاء اخذت الكواكب تصب على الاحياء حممها الدورية . وعلى الارض اخـذ السحرة، وهم رسل القوى الأرضية، ينفثون لعناتهم. وبعد أن اصاب الـطاعون جنيف ارسـل كالفن (Calvin) الى المحرقة اربعة عشر مسكيناً بتهمة اثـارة الطاعـون بفضل تعـزيماتهم . وقـامت الجحيم وانتصبت مع الجن والشياطين الذين يحرضون الناس على المعصية : الا يقول الرسول بولس (الرومان 5ـ 2) ان الخـطيئة هي التي ادخلت المـرض والموت الى العـالم . وربط الانتقالُ الخفيُ بقايـا السحر البـدائي بصنـع المعجزات المسيحية واساطير التراث الشعبي ، على هامش التأملات العقلانية في العلم المدرسي . وقام بعض الأطباء الاسبان والطليان والفرنسيين ، مثل لويس لوبيرا دافيـلا (Luis Lobera d'Avila) وج. ب. سيلفا تيكو (Silvatico) وف. رانشين (Ranchin) ، يصرون على الهامهم الديني ويدعون الى طب كاثوليكي .

الارث الغالياني اليهودي العربي وحركة الانسنة ـ يتألف القسم الاعظم من التراث الطبي من مخلفات الحضارة العربية : فهناك من جهة ترجمات اسحاق، وعلي بن عباس، وأبـقراط وغاليان على يد قسطنطين الافريقي . ونقلت هذه التراجم بفضل مـدرسة سالـرن . وهنـاك من جهة اخـرى

ترجمات الرازي وابن سينا وابو القاسم Abulcasis ، على يد جيرار دي كريمونا Gérard de Crémone ومدرسة المترجمين في طليطلة وقد تعدد اولئك الذين يطببون وفقاً لكتب ابو القاسم او كتابات ابن سينا الذي ظهرت اول طبعة لاتينية له في ستراسبورغ سنة 1473 والذي اعيدت طباعة كتبه سنة 1527 من قبل الجنت Junte. وفي سنة 1593 نشرت مطبعة آل مدسيس Médicis في روما طبعة فخمة لكتاب القانون لابن سينا بالصيغة الاصلية . ولكن اذا كان الطب الاسلامي قد لقي بعض المؤيدين في شخص لورانز فري Lorenz Fries (الدفاع عن ابن سينا، ستراسبورغ 1530) وب. انجر دي توبنجن B.Unger de Tubingen (الدفاع عن الطب العربي 1533) ، فمنذ 1492 على يد ليونيسينو Leoniceno (الطب الغربي)، أخذ هذا الاخير يُجَرِّحُ اخطاء ابن سينا ، وبعد ذلك جاء سانفوريان شانبيه Symphorien champier يشهّر « بالكتاب العرب الذين زوروا عقيدة الاغريق».

الا ان المصادر الاغريقية لم تكن مجهولة . فقد عاد الصليبيون من الشرق ببعض المخطوطات الثمينة والكنوز النادرة التي اخذ الانسانيون في جمعها وتوثيقها. والاكثار من نصوصها الاصيلة يساعدهم في ذلك ما حصلوا عليه من تراث بيزنطي ومن ترجمة لهذا التراث. وعمد ليناكر Linacre الذي حاول أن يترجم غاليان ، الى تصحيح عباراته على يد معلمه وصديقه غليوم بودي (Guillaume Budé). وفي باريس تخصص الاسقف غليوم كوك بلغة الهلادين (اليونان) . وفي الكلية الملكيه اخذ غيدو غيدي (فيدوس) ولويز دوري ،(Louis Duret) وفي الكلية اخذ جون غوريس (Jean de Gorris) وجان هوليه (J.Houllier) في شرح أبقراط ، وعلم غونتيه اندرناخ (Gonthier d'Andernach) اليونانية الى لوفان (Louvain). وقدم جيوفاني كريستون (Giovanni Crestone) كتابه القاموس اليوناني اللاتيني (1499) الى الطلاب المتهلئين ، وقدم بيار جيل دالبي (Pierre Gilles dAlbi) أيضاً « قاموساً » يونانياً لاتينياً ، (1532) . ثم جاء بعده ونوف عليه كتاب أونومانستيكون ميديسينا (Onomasticon Medicinae). (لاوتو برانفلز (D'Otto Brunfels) (1534) . وبعده أيضاً القاموس الطبي، (1564) ، موجز بالمترادفات الطبية اليونانية واللاتينية لمؤلفه هـ اتيان .H) (Estienne .دون أن نحسب كتاب كنز اللغة الاغريقية لنفس المؤلف (1572) ، وهكذا بدا الطب في عصر النهضة كطب لغوي .

وقامت المطبعة تسد النقص والندرة في المخطوطات فعملت على اكمال نشر المعرفة . وجاءت كتب سلس (Selse)، سابقة على غاليان ، طبعة سنة (1478)في فلورنسا. وقامت مطابع الدي (Alde) في البندقية، ومطابع اوبوريتوس (Oporinus) في بال (Bâle) وفي ليون مطابع تريشسل (Trechsel)، وروبه (Rouillé). . ومطابع مارفيف (Marvif) في بواتيه ، وويشل واتيان (Wechel et Estienne) في باريس، ومطابع بلانتان (Plantin) في انفرس (Anvers). وخرجت من هذه المطابع هذه الطبعات الجميلة المصورة المزودة باللوحات وبالفهارس التي تجعلها مفيدة وسهلة للمراجعة ، وتضع في متناول الجميع النصوص الكلاسيكية المصححة وغير المشوهة او المحرفة من قبل النساخ اليهود والفرّيسيين كما قال فيما بعد غي باتان (Guy Patin) « حثالة الزخرفة » وكان رابليه (Rabelais) مبتدئاً في الطب سنة (1531) ولكنه نال الشهرة عندما شرح ابقراط امام طلاب مونبليه سنداً لدروس غير منشورة اخذها عن مخطوطة اغريقية اكتشفها واعاد طباعة «افوريسم»

(Aphorismes) في ليون في مطبعة غريف (Gryphe) سنة (1532)، ثم تجدّد جهود جيوفاني ماناردي (Giovanni Manardi) من فرار من اجل العودة الى الاصل الاغريقي الصافي؛ وقدّم للطبعة الثانية من المجلد الثاني من كتابه ابستولا مديسينال (Epistolae Medicinales) التي خرجت في نفس السنة من نفس المعمل .

اما الذين لا يفهمون لغة هوميروس، فقد كان امامهم العديد من الترجمات الى اللاتينية . وعن الافوريسم لأبقراط لن نذكر إلا ترجمات ت. غازا Th. Gaza (البندقية 1493) وترجمات ليونسينو Leoniceno (فرار 1509) . ومن أجل التوجه الى عمل المعلم اقترح أ. فوز A.Foës، ود. بومي D.Pomis وغيرهما فهارس وسجلات ، واعد جانوس كورناريوس (Janus Cornarius) ترجمة جيدة للمجموعة الأبقراطية (البندقية 1545) ، وفي حوالي اواخر القرن ظهرت الطبعة اللاتينية الضخمة (فرانكفورت1595) التي خصص لها انيس فوز (Anuce Foes) كل حياته واعطى غوتيه داندرناخ (Gonthierd'Andernach) كتاب بول ايجين (Paul d'Egine) وعنوانه دي ري مديكا (De re medica) (1532) . واما كتاب غاليان المسمى موتومسكولورم (Motu Musculorum) ، فترجمه ليونسينو(Leoniceon) ترجمة لاتينية أولى ولكنها نشرت فيها بعد في لندن من قبل ليناكر (Linacre) .

وقد يحدث ان يتضمن النص الاماسي غموضاً : وهنا يتوجب جعل المؤلف منسجماً مع نفسه او مع أراء الكتاب الاخرين المختلفة عن ارائه . وحاول أندريه لاغونا (Andrés Laguna) ان يوفق بين ابقراط وغاليان في كتابه المسمى ابيتوم (Epitome) (ليون 1553) . وقد راجعه جون بليتيه (J.Peletier)في كتابه المسمى كونسيلياسيون لوكوروم غاليني (De conciliatione locorum Galeni) (باريس 1560) . وهكذا تراكم نقد النقد وتأويل التأويل أو شرح الشرح ، وهو عمل تعليمي مسبوق منذ زمن بعيد من قبل الشراح العرب واليهود ، يدل على براعة المدرسين .

ومن جهة اخرى لم يتورع علماؤنا عن تزين هذه المحاضرات الناشفة تقريباً ببعض الاراء الكيفية: ترجم جون غوريسJean de Gorris وجاك غريفنJacques Grévin شعراً كتاب « ترياق » لنيكاندر Theriaca Nicandre ،واضيفت الى الترجمات من اليونانية الى اللاتينية ، والى نشر النصوص الكلاسيكية باللغتين الاغريقية واللاتينية ، ترجمات ومقتطفات باللغات الدارجة. واذا كان باراسالس Paracelse قد ارتكب فضيحة في بال حينها أحل الالمانية محل اللاتينية في محاضراته وخطاباته ، فقد بدت اسبانيا أكثر تساهلاً . في سنة 1551 ، ظهر في فالادوليد Valladolid كتاب اناتوميا الانسان بقلم برناردينو مونتانا Bernardino Montana من منسرات Monserrate. وكتب لاغونا Laguna في انفرس ، سنة 1555، ترجمة · لديوسكوريد De Dioscoride باللغة القشتالية . وفي سنة 1559 ظهرت نسخة في روما ، باللغة الايطالية عن « تاريخ تركيب الجسم البشري » للاسباني فالفرد .

وفي فرنسا أيضاً وقع التحرر . فطالب سبستيان كولان (Sébastien Colin) وجاك غريفن (Jac-

(ques Grévin باستعمال اللغة الفرنسية حتى في الطب . وفي ليون نشرت ترجمة فرنسية لمختلف كتب أبقراط وغاليان وأورباز . وأقدم ترجمة فرنسية مطبوعة عن افوريسم (Aphorismes) لأبقراط هي ترجمة جهان براش (Jehan Bréche) (باريس 1550) ، وقد أعيد طبعها عدة مرات . ويلحق بهذا التأليف جان بوميه Jean Bomier الذي نشر في نيورت Niort سنة 1596 ، « شرح المأثورات بالشعر الفرنسي » . وكان جوليان بيري (Julien Béré) ضد هذه المحاولات (1572) .

واذا كان مقبولاً القول بان جون كانابي Jean Canape قد جدد كتاب « الجراحة » لغي شولياك Guy de Chauliac خدمة للرفاق الجراحين، واذا كانت « المدرسة » تملأ رؤوس الحلاقين بالفرنسية ، فانها كانت ترفض على الاطلاق اباحة العلم باشاعته بين الناس . فقد كانت ترفض لعدم الكفاءة ، وللمساس بحقها الحصري في التعليم ، هذا الوقح امبرواز باري Ambroise Paré، هذا الحلاق الذي يزعم لنفسه انه جراح طويل الباع والذي يعلم فنه خارج منبره ex- Cathedra وحتى ينظمه شعراً ، ولكن انتاج باري Paré، المتقن اثار حفيظة الدكاترة .

ان الطب الابقراطي الغالياني ـ وقد دعا له في انكلترا ليناكر Linacre، وفي باريس ج . بايو (Baillou) وج . غوريس (J.de Gorris) ودوريت (L. Duret) ول. جوبرت (L.Joubert)، وفي ليون س . شامبيه (S. Champier)، وفي إيطاليا ن. ليونسينو (N. Leoniceno) ، وبولو جيوفيو (Paolo Giovio) ودافيد دي بوميس (Pomis) ـ ظلّ شائعاً بثلاثيته المزاجية (الدم ، الصفر ، الاطربيل او السوداء والنخام او البلغم) وبعقيدته التي تربط بين الامزجة وسوء تكون الدم وتفاعله (ديسكرازي) . وتصوره لتصنيف الامراض والامزجة الآثمة التي ، من مرحلة الفجاجة ، تنتقل ، في الايام العصيبة ، الى امزجة الاطعمة والاخراج الفجائي بتأثير من الطبيعة المطبية (Natura Mediatrix) . ما لم تنقل بحظ تعيس الى نقطة اخرى من الجسم ، فتحدث فيه تغييراً في مركز المرض . والى هذا تضاف العلامات الدالة على المرض والتي تنبثق عن هذه الانفعالات . وعلى كل واجهت النظرية المزاجية خصماً قوياً : باراسلس Paracelse ، طبيب من اصل سويسري اراد ان يستبدل الثلاثية الكلاسيكية بالمبادىء الخيميائية الثلاثة : الكبريت والملح والزئبق . وتصور باراسلس ان كل الامراضية (الباتولوجيا) متعلقة بتفاعلات كيميائية معروفة يومئذ ، ولكنه اعطاها تفسيرات احيائية .

بقاء التنجيمية او الايمان بالعلوم الخفية ـ على هامش الانظمة العقلانية تولدت من جديد اتجاهات التنجيمية . وهي قد ترسخت لدى الاطباء اليهود . وجدت صداها عند باراسلس وفي الصوفية في الروح الالمانية ، كما بهرت عدداً لا يستهان به من الاطباء الفرنسيين والايطاليين والاسبان . وظل دماغ كاردان (Cardan) سابحاً في احلام افلوطين ؛ وفي فرنسا لم يكن شامبيه (champier) بعيداً عن كتابات مارسيل فيسان (MarsileFicin) . وفرنل (Fernel) بذاته استسلم لجذب السحر والغموض . اما الرأي العام الشائع فانه لم ينصرف ابداً عن العلاقات بين العالم الصغير اي الانسان ومجمل الكون : ليس فقط من خلال الاطار المناخي الذي عالجه أبقراط ، بل وايضاً من خلال

الاحداث الفلكية والفصلية التي تنظم ، مع اشغال الكرمة والحقول، الحياة النباتية والحيوانية، كما تنظم مجرى النسغ والدم . وإذا كان التراث الشعبي يؤمن بالتنظيم سنداً للاهلة والفصول والتواريخ المؤاتية من اجل الحجامة او الفصد والتطهر والاستحمام وحلق اللحية والشعر ، فان رجال الفن لا يعارضون في ذلك . ان هذه المبادىء وقد جمعت في كتاب الأدرلسمان حول التعويذات القديمة الألمانية هي مقبولة لدى السلطات الروحية . يقول الاخ لويس دي غريناد (Louis de Grenade) بان المد الكواكبي هو أحد الفعاليات في «المناطق الاولية » الطبيعية ، وان القمر يحدث نوعاً من « التخريب » في الجسم البشري، « وبخاصة في المرضى وذلك عند تمامه ومحاقه وعند كسوفه ». وكذلك يقول كالفن (Calvin) هناك « نوع من العقد بين الكواكب واحوال الجسم البشري » . وهكذا تتحكم الظاهرات السماوية بالمرضية العامة : ويعزو جاك بلتيه (Jacques Peletier) في كتابه (الطاعون 1563) الطاعون الى توافق اتصالي بين زحل والمشتري . ويقول جيهان اسبين (Jehan de l'Espine) ان مذنب 1533، ولّد فناءً في عدة أمكنة . ومن جهة اخرى تتأثر الاحشاء ، داخل الفرد بما يقابلها في الكواكب . فالقلب محكوم بالشمس ، والدماغ محكوم بمجرى القمر . أما زحل البارد فيتحكم بالسوداويين وبحكم انه ناشف يتحكم بالبخلاء ؛ والقمر بحكم انه رطب فهو يتحكم بفيزيولوجية المرأة . أما الزهرة فتدفع باتباعها الى الاباحية واما المرّيخ فالى الشجاعة والشهامة . ثم ان طابع هذه العلاقات الكوكبية تبدو ظاهرة في بعض الاشخاص وعليهم سماتها . وقد توسع فيليبو فينيلاً Filippo Finella في هذا الشأن ، وخاصة في خطوط اليد . وعرف العلم العجيب » أو « التبصير » Chiromancie ذروة ازدهاره في القرن 15 و 16 مع برثولوميو ديلا روكا Bartolommeo della Rocca الملقب بكوكلس Coclès (شيرومانتيا . . . اناستازي Chyromantiae... anastasis ، بولونيا 1504) ، ومع جان انداجين Jean d'Indágine، (1522) ، الخ . في الكف تتسجل في تصميم مختصر للجسد مقابلات الصعد الثلاث الفكرية والكواكبية والبدائية التي تتحكم بالاحشاء .

وكذلك الحال فيما خص الفراسة والزي الخارجي العام للجسد . لا نقول أنّ هذه المعطيات لا تستحق الاهتمام ،فالإيماء والمواقف تقدم للملاحظة الطبية معطيات ايجابية : فقد حاول ج. غراتارولي (G. Grataroli من برغام (1554) والنابوليتاني ج.ب دلا بورتا (J.B. della Porta) ان يعودا بالفراسة الى السميوتيك (علم العلامات والمؤشرات). لقد صور قلم ليونار دا فنشي العجز الهرمي ، ومن حركة اعصاب الوجه ، التي تعبر بها عن نفسها المشاعر الاخلاقية استخرج تقطيب الوجه .

ولكن يجب ان لا نكتفي باستخراج الاستنتاجات الفيزيولوجية المرضية من الشكلانية (مورفولوجيا) او من بعض ما يمكن ان تتضمنه الخطوط الجسدية ، ان الفراسة هي فن تنبؤي ، وهو مأخوذ عن تراث فارسي نقله العرب ، وعن عادات قديمة صينية وهندية سابقة جداً على العصر المسيحي . وقد استعاد ميشال سكوت (Michel Scot) هذه العادات والاحلام في القرن الثالث عشر ثم اخذها في القرن 16 جان انداجين (Jean d'Indagine) وضمنها كتبه . كما ضمنها كاردان في كتابه « ميتوبوسكوبيا » . والخطوط المطبوعة على الوجه لا تحكم فقط حاضر الفرد بل وتتنبأ بمصيره المستقبلي

II ـ العلاماتية (السيميائية) وعلم تصنيف الأمراض (نوزولوجي)

الفحص العيادي ـ التعليم في « الكلية » كان نظرياً . فبعيداً عن المنبر (ex Cathedra) كان المعلم يقرأ ويشرح ويناقش نصاً لأبقراط او لغاليان ، أو نصاً حديثاً : اذ اتيح لفرنل (Fernel) في حياته شرف ان يرى كتاباته تطرح للمناقشة في المدارس . وفي بادو فقط كان ج. ب. دل مونتي (G.B.del Monte) يعطي تعليمه عيادياً بالمعنى الصحيح للكلمة ، اي فوق سرير المريض . اما، في غير هذا فقد كان على المتخرج ان يلتحق بأحد الاطباء يتبعه في ممارسته ، لكي يمهر في فحص المرضى . هناك أولاً التفحص : تكوين الجسم العام ، حالة الجلد والاغشية المخاطية ، وغيرها بالفحص المباشر او الوسائلي (فالكاسر (Dioptre) الذي وضعه بول اجين (Paul d'Egine) سوف يعود اليه ويعدله ب. فرانكو P.Franco وآ. باري A.Paré) ؛ الجس لمعرفة حالة الحرارة او البرودة ؛ وتيرة النبض، اتساعه وتواتره (ولم يكن تواتر النبض قد حسب بعد)؛ واذا كان الاطباء يومها لم يجهلوا ابداً التتابع الأبقراطي ، فانهم لم يتوصلوا الى فحص الصدر بالسماعة ، الامر الذي انتظر مجيء « لانك » Laennec . وبصورة خاصة كانوا يعتمدون على فحص الاخلاط : الدم لمعرفة لونه وسرعة تخثره بعد الفصد ؛ الافرازات : البصاق ؛ القيء، البول، وكان الطبيب يدقق في خصوصياته الفيزيائية ناظراً اليه بعينيه ، بحركة شبه اعتيادية كما يتفحص الوعاء او الماتولا Matula الذي جعله رسام « كتاب الساعات » العائد الى آن دي بريتانيا d'Anne de Bretagne بيد القديس داميان Damien . من هذا الفحص هناك عدة استنتاجات ، بارعة الى حدٍ ما او تخمينية ، اذ قد يحدث ان لا يتقدم المريض الى الطبيب ليفحصه الا من خلال بوله المجموع في وعاء يرسله مع رسول خاص[1].

تشكيل كينونات مرضية ـ ان تعقيدات الحميات « والطواعين » الكثيرة الوقوع في تلك الحقبة ، لم تمنع طب الملاحظة ، المنسجم مع الحكم الايبوقراطية ، من استخراج بعض الكينونات المرضية الصالحة التي اما أن تكون قد نسيت ، واما أن تكون غير معروفة حتى ذلك الحين أو تكون ملتبساً بها . وقدمت ممارسة التشريح والفحص الدقيق أول هيكلية عن مفهوم تشريحي للمرض (بنيفياني (Benivieni) بنيدتي (Benedetti) ، كواتر وفرنل (Coiter , Fernel) .

وقد احسن بايُو (Baillou) وصف السعال الديكي والخنّاق. وجرى ايضاً ايضاح فوضى الحميات الطفحية. وقد رسم الايطاليون مع انغراسيا Ingrassia من نابولي (1553) تعريفاً للحمى القرمزية (روسانيا) (rossania) أكمل توضيحه فرانسوا أولمو (Ulmeau)، وحوالي 1578، جان كواتار من بواتيه تحت اسم « الحمى القرمزية » الوبائية. اما بالنسبة الى التيفوس (Typhus) او الحمى النمشية ، فقد كان اطباء الجيوش المحاربة على علم تام بهما : مرض تاباردیو (tabardillo) من حصار غرناطة (1479)، مرض فبريس بستيلنس (Febris pestilens) في حروب ايطاليا (1505 - 1550) وبواتو (1557)، وحروب هنغاريا (1566) الخ. وهنالك وصف جيد عيادي للتيفوس قدمه كاردان 1536)

(Cardan) وفراكاستارو(1546 Fracastoro).واخيراً اكتسحت الرُحضاء (العرق المستمر) انكلترا وخاصة سنة 1518,1529 و1551.

وقام بروسبيرو البينو (Prospero Alpino) (« الطب المصري »، 1591) بدراسة الطب الباطني الشرقي، وقد سبق ان وجد جان بتنكور (Jean Béthencourt) في الهند مبشرين ايطاليين يقدمون لمريدي التنصر خدمات الطب الاوروبي. وفي القرن (16) قام اليسوعي ماتيو ريشي (Matteo Ricci) بفتح مدارس للتمريض في قطاي (Cathay). وخلال ارسائهم في اندونيسيا كان جراحو السفن التابعة لشركة الهند الشرقية يعالجون المقيمين في المكاتب على الارض بأدوية من على ظهر السفينة. ومن اقدم هؤلاء الاطباء، الجراح جاكوب واترمان (Jacob Waterman) الذي استقر في باندا سنة 1599.

أما أمراض البلدان الحارة كالجذام (داء الفيل) فقد وصفها التاجر والاديب فيليبو ساسيتوي (Filippo Sassetti) المتوفى في غوا (Goa) سنة 1588 في مذكراته. وكان الجذام موجوداً في العديد من البلدان، في حين كان قد انحسر عن اوروبا، حتى ان الكثير من مصحات الجذام قد اغلقت بخلال القرن 16 و17 ومآوي المرضى، لانعدام المرض.

وعاد داء الحفر (مرض يفسد الدم) الى الظهور في القرن 15 بعد ان كان نسي منذ الحروب الصليبية، وذلك في المجموعات ذات المهمات الطويلة. فحصد بحارة فاسكو دي غاما في شواطىء موزامبيق (1498)؛ وفيما بعد، في شتاء 1535 – 1536، حصد اتباع جاك كارتيهJacques Cartier وهم يكتشفون سان لوران ثم اتباع حملات دراك Drake (1578) وكافنديشCavendish (1586). ولكن العالم الجديد خبأ للعالم القديم الأسوأ: السفلس، ذكرى السفرة التي نقلها سنداً للتراث، رفاق كريستوف كولومب، ومن اسبانيا نقلها جنود غونزالف (Gonzalve) القرطبي الى ايطاليا: فكان مرض نابولي، ثم مرض فرنسا عندما نقلها جيوش شارل الثامن الى فرنسا، ومنها انتشرت في بقية اوروبا، والمرض العضال السفلس يبدو تماماً انه من اصل اميركي، ولكن القضية تبقى قيد البحث. ولكن الداء الافرنجي (السفلس) الوطني الم يكن موجوداً في اوروبا منذ أبعد العصور؟ اما الزهري (بيان) (Pian)، فبالرغم من معرفة الاطباء العرب به فهو لم تعرف ماهيته بالضبط الا في القرن 17.

ولحسن الحظ جاءت من هذه الاسفار البعيدة، ومع الادواء، الادوية والعلاجات. وكان التأبير، المعروف في الصين من الاف السنين، قد اشيع في اوروبا على يد الاسباني فرانسيسكو منديس بنتو (Francisco Mendez Pinto). اما اميركا فغذت بأدويتها التي لم تكن معروفة من قبل، مداخيل الصيادلة واليسوعيين كما اثارت النزاعات بين الاطباء.

III ـ الصحة والعلاج أو التطبيب

الصحة ـ كانت المعالجة الوقائية تلجأ الى وسائل عملية تجريبية: العزل الاربعيني

(الكرنتينا) ، العزل في محجر صحي ، هرب امام المصيبة . وقد أثبت العزل جدواه تجاه بعض الامراض الوبائية مثل الجذام ، فقد قل عدد المجذومين[1] بعد اضطهادهم وحبسهم ، وهرب الناس امام ثيابهم وصناجاتهم . ولكن ما هي الحيلة تجاه امراض وبائية مثل الطاعون الا التمسك تجاهه بالمثل القديم : المسرع في الهرب ينجو. . . ؟ .

ورغم الوسائل المعتادة: تطهير الجو بالنيران الكبيرة، اشخاص متخصصون يتولون شؤون الصحة (« الغربان»: حمالون واطباء وجراحون ضد الطاعون ، مزودون بثياب مشمعة وقناعات (Masques) ذات انوف طويلة محشية بالعطور)، تظل الكارثة تأخذ طريقها حتى انطفائه الفجائي وكيف تمكن اقامة حواجز فعالة بوجه اسباب مجهولة ؟ ولكنا نذكر ، مع ذلك ، كسابق في مجال علم الاوبئة العقلاني ، جيرولامو فراكاستورو (Girolamo Fracastoro) من فيرونا ، طبيب وشاعر وفلكي ذو قيمة نادرة . فهو لم يدرس فقط التيفوس والطاعون والسفلس بشكل تخصصي ممكن يومئذ بل فحص فضلاً عن عوامل العدوى بملامسة الأشخاص أو الأشياء الموبوءة، جراثيم الامراض المنتقلة بالعدوى البعيدة، وهو بهذا سبق في وعيه نظريات باستور (في العدوى . . البندقية 1546) .

ان الصحة الفردية هي صحة المائدة. فأمام الشرهين امتدح الحكيم كورنارو (Cornaro) فوائد الحمية الحذرة والفقيرة . اما غابريل زربي (Gabriele Zerbi) ودايفد بوميس (David de Pomis) وهما من أوائل الباحثين في امراض الشيخوخة فقد كشفا اسرار طول العمر. واذا كان الخمر مفضلاً على الماء فما ذاك الا لان الماء ملوث في اغلب الاحيان ؟ وعلى العموم قلما تجاوزت العناية الصحية أطار الكتاب القديم المسمى الحماية الصحية الذي اعيد طبعه وتفسيره كثيراً .

الادوية - اخذت الصيدلية التقليدية من الصيادلة الكلاسيكين ومن العرب. نشر (غوتيه دندرناخAndernach)، في بال (Bale) سنة1530 ترجمة لاتينية لكتاب غاليانGalien عنوانه تركيب الأدوية. وجددت الصيدلية ثقتها في كتاب نقولا سالارنيتانوس(Nicolas Salernitanus)وعنوانه انتيدوتاريوم (Anti do tarium) (البندقية 1471) كما منحت ثقتها لكتاب فاليري كوردو (Valerius Cordus)(1546) وللوصفات الطبية التي وضعها فوز (Foes) (1561)، ونقولا هول (Nicolas Houel)(1571) ولويس جوبر (L.Joubert)(1579) وب. بوديسرون (B.Bauderon)(1588). أما اول كتاب تعاملي مكتوب بالفرنسية فكان كتاب دوسو (Dusseau) وعنوانه « انريشيد اومانيبول ميروبول» (Enrichid on manipul des miropoles) (1561).

أما الوصفات المعتادة التي كانت مصاغة في كتاب « الاستشارات » (وأشهرها كتب فرنل (Fernel) وامات لوزيتان (Amatus Lusitanus) وكراتو فون كرافت هيم von Krafft heim

---

(1) ان تراجع الجذام هو حصيلة توافق معقد لعوامل مانعة وخاصة التصارع الميكروبي: وعلى كل كان من الطبيعي أن يعتقد الأطباء ، خطأ ولا شك ، بأن المناعة كانت بفضل التدابير الصحية .

فتتفق مع النظريات المرضية التي يؤمن فيها المريض . وهي مرتكزة عدة على الثلاثي التقليدي: العناصر الاربعة ركائز الصفات الاربع الاولية او مضاعفاتها وكلها تطابق مع الامزجة الأربعةوالميول الأربعة البسيطة : (البلغمية، الغضبية، الحزينة، والدموية) أو المركّبة . والسبب المباشر لكل مرض كامن في الأمزجة . من هنا العلاج بالضد بقصد تبديد المرض المزاجي كمياً ونوعياً .

بالنسبة الى النوع الاول هناك الادوية الاستكمالية وهناك الادوية الاستفراغية الفصدية : المقيئات والمسهلات ، والحقن ، والمدرّات للبول والمعرقات والمنخعات للبلغم ، والحجامة، والفصد (فصد العرق او الكعب، الوريد، الدماغي الجانبي او المتقابل، المصرف او المحول). من هنا ، مناقشات مضحكة بين انصار الباريسي بريسو (Brissot)، الذي كان يفصد المصاب بذات الجنب (المبرسم) من الجانب المريض ودنيز (Denys) طبيب ملك البرتغال ، الذي يفصد من الجهة المقابلة أدت الى دعوى رفعت أمام جامعة سالامنك ثم شارل كانت (Charles Quint) .

اما حثل الدم (سوء تكونه) النوعي، فقد جوبه بفضل العلاج المضاد . اما ضد الغرغرينا او « مرض المونسنيور سان انطوان » Saint Anthoine فكان العلاج « بالاعشاب الباردة » اذا كانت الغرغرينا حادة وبالأعشاب الحارة، اذا كان المرض « نار الجليد ». او يجري استبعاد المادة الضارة « materia peccans» اما اصطناعياً ، باستعمال ادوية تثير البثور التي بحسب امبرواز باري Ambroise Paré، تسحب « الرطوبة الزائدة » او وضع فتيلة لسحب المواد من الاعماق ، اما من المخارج الطبيعية اما بوسائل منقية للدم او مدرة للعرق .

تلك هي المعالجة المسيلة للعرق او للسوائل والمتبعة بشأن السفلس سواء عن تطريق التدخين او التبخير وبالكبريت الزئبقي ، او الدهونات او الافران او المرهم النابولي، بحسب طريقة كسبار توريلا (Gaspare Lorella)، وهو أسلوب مستعمل حتى في مقرّ نفوس الأموات، حيث شاهد ابيستمون (Epistemon) البابا سيكست (Sixte) يقوم بالمهمة التعيسة مهمة كاشط الجدري أو السفلس . وهي معالجة قاسية وخطرة امر بها فراكاستورو (Fracastoro)، وتدد بها لوبسز فيلالوبو (Lopez de Villalobos) . وقد حاول البعض استبدالها بمطهرات نباتية مستوردة من العالم الجديد مثل « السالسباريه » التي ادخلت الى اوروبا سنة 1530، « والسكين » و«الساسافراس»؛ او أشهر انواع المعرقات وهو الغاياك (gaiac) أو « الخشب المقدس » المستورد سنة 1509، استورده ج. هرناندز دي اوفيدو (G.Hernandez de Oviedo) واوصى به وشلد آ. م. برازافولا (A.M.Brasavola)؛ والملكان الكاثوليكيان فرديناند وايزابيل (Ferdinand et Isabella) امرا كل سفينة آتية الى اوروبا بان تجلب لحسابها حمولة منه .

يضاف الى هذه المجلوبات من المستعمرات التي أشاعها كلوزيوس (Clusius) : وأضيف اليها في حوالي 1550، جلبة (Jalap) المكسيك ، وبلسم البيرون ، والكوكا ، وفي سنة 1570 عرق الذهب ، وكلها تراكمت فوق الاعشاب « البسيطة » الناتجة عن الارض الوطنية الاوروبية ،

والتي شاع استعمالها بسبب مفاعيلها المعروفة بحكم القدم والتجربة ، او بسبب خصائص خفية وردت في « طب التواقيع » ، مجموعات كاملة من الاعشاب يقتطفها المعنيون بالاعشاب والجذور، او التي تكون جاهزة في البساتين النباتية التي اوجدت في العديد من المدن. ولكن هذه الغزارة الظاهرة في النباتات تغطي فقرها؛ ومن حسن الحظ وُجِدَ الكمونة والروباص ، والخس والسنا (الكرسنة) ثم الافيون الذي لا بديل عنه .

وفي المملكة الحيوانية تتضمن التشكيلة مقومات غير معقولة : **منتوجات روثية** : سلح الكلاب المغذاة بالعظام . سلح الذئاب الحجر (bézoard) الاوروبي او الاجنبي ومنه « البوفونيت » او حجر الضفدع ، وهو حصاة تنمو في رأس الضفدع . **منتوجات اخلاطية** (دم الشباب)؛ **بقايا عضوية** : مومياء ، جمجمة بشرية ، عظم قلب الابل . **مطبخ السحرة البشع** المتكون من خلائط متعددة الاصناف او اخلاط عسلية معقدة . واشهرها ترياق آندروماك (Andromaque) الذي يتضمن لا اقل من 74 مادّة (من بينها لحم الحية) ، بحسب تركيبة غاليان ، ثم أضيف إليها وأعيد النظر فيها . والى هذه المستحضرات الاستطبابية ، تجب اضافة الوقائيات التي تتضمن السموم ، وتتوافق مع تجربة مؤونة المائدة الملكية ، ومنها ألْسنة الافاعي (الحقيقة اسنان القرش) المعلقة في شجرية ، ثم قرن وحيد القرن .

اما العالم شبه المعدني فيقدم للمطببين عن الطريق الهضمية التربة المباركة الشهيرة ، تربة لامنوس ، وفي سنة 1520 ، اقترح جوهان لانج (Johann Lange) من هيدلبرج اقترح للعذارى المصابات بأمراض عذرية (Morbus virgineus)، « زعفران اذار المقبِّل » . اما تخثر الدم اللولوئي ، فاضافة الى الوصفات المذكورة في «ديامارغاريتون » لنيكولا (Nicoles) او ابن سينا ، هناك ما ذكِرَ في « لوسينارماجوس أو لومان ابوتيكاريوم (Lumen apo thencarium) الزمرد ، والحجر الاصفر، والزفير واليشب المطحون المنعم ، الممزوج بالحرير الخشن ونشارة العاج ، وهذه التركيبة تقابلها تركيبة واردة في « الكتوياريوم لـ جميس » Ilectuarium de Gemmis لمؤلفه مزوي (Mesué). والتركيبتان مختصتان بالزبائن الاغنياء .

وكان للخيمياء منافع ايضاً : ماء الحياة الذي يحتفظ بحكم امتناعه على الفساد ، بالميت وبالحي ، وحجر جهنم ، وهو الأكّال المفخم ، ثم الراسب الاحمر. اما الاثمد (انتيموان) فظل مشبوهاً . ورغم ان باراسلس قد اعلن عن فضائله ، وتبعه لويس لوني (Louis de Launay) مؤلف «خصائص وفضائل الأثمد المدهش » (1564) فقد عارضه ليس فقط باليسي (Palissy)، بل وايضاً جاك غريفن (Jacque Grévin) وكلية باريس التي استعانت بشأنه « بالبرلمان » [محكمة] . ولكن البرلمان اكتفى بالزام الصيادلة ان لا يسلموا هذا العقار الا بناء لوصفة طبيب (1566). واستمرت المشادات . وطردت « المدرسة » من صفوفها بوليه (Paulmier)، الذي كان من حزب الانتيموان (الاثمد) (1579) ولكنها لم تستطع اسكات لا الخيميائي الدانمركي بدر سورنسن Peder)

(Sorensen) (سفـــرينـوس) ولا كبـــيز دعـــاة الـــطب الخيميـــائي المسمى دوشسن (Duchesne) اوكرسيتانوس (Quercetanus) .

اما الزئبق، وهو نوعية كان القرن السادس عشر بأمس الحاجة اليها ، فقد كان مقبولاً . وكان جيوفاني دافيجو (Giovanni da vigo) يداوي بالراسب الاحمر التقرحات الزهرية ، وكان ماء الفضة العنصر الرئيسي في الحبوب التي قدمها الاميرال التركي بربروس (Barberousse) الى الملك فرانسوا الاول (Francois I^{er}). فضلاً عن ذلك ، قام باراسلس بدعاية كبيرة لصالح الكيمياترية والمعالجة بالمعادن. واخذ يتغنى بالذهب المشروب وبفضائل الحجر الفلسفي، الذي يعطي طول العمر . وقد عارضه في ذلك جاك اوبرت (Jacques Aubert) الذي ندد ، في كتابه « انستيتوني فيزيكا » باستعمال هذا الحجر، استناداً الى هيبة ارسطو واثبت قيمة الكيمياء (Chimiam esse vanam) .

ثم انه يجب الاقرار ان كيمياترية باراسلس لم تكن دائماً خارجة عن المعقول . فقد حاولت بحق ان تستبدل التجريبيـة العملية المتعـددة اوجه الصيـدلة بـالمستحضرات الكيميـائية المحـددة والمعدة ، والاستخراج من أدوية غير معروفة جيداً خلاصة او مبدأ فاعلاً ، غالباً ما يتحطم او يزول او يضعف من جراء الممارسـات الفرمشـانية السـائدة : تكلس ، تسـرب، استحلاب. ان بـاراسلس كطليعي بالنسبة الى نظرياتنا حول الأمراض الترسبية أو الكلسية Lithopexique ، كان يومئذٍ يرغب في إحلال التعادل الكيميائي في الجسم البشري وذلك بأن يسيِّل في هذا الخليط أو المزيج الرسوبات المؤذية التي تسمى الرواسب . ولكن أصحاب الكيمياء السحرية (الهرمسيين) كانوا يستخدمون كيمياء عفوية ، ويفتقرون إلى دقّة القياس .

وفي اغلب الاحيان كانوا يضيعون في الباطنية ، وتجاه هذه الاسرار الجذابة الكامنة في العنبر وفي المغناطيس، كيف يمكن انكار التبادل الممكن للتدفقات الاخرى؟ وعلى هذا فقرن ، وحيد القرن، يمكن ان يكشف السموم . ونجاحات المرهم السلاحي، ورشوش المحبة ، تدل على التوافق بين السلاح الجارح والجرح ، بين الدم واخلاط المجروح وبين افرازاته المتروكة من بعيد.

هذه العلاقات المتبادلة تظهر في المملكة المعدنية . قال رونسار Ronsard: لقد عرف الملاك « فضائل الاعشاب والاحجار » ، ومنـذ ديوسكوريد(Dioscoride) وبلين (Pline) وعلى يد ماربود (Marbode) والبير الكبير(Albert le Grand)، وموندفيل(Mondeville)، ومارسيل فيسين(Marsile Ficin)، وماتيولي (Mattioli) وكاردان (Cardan)، يتتابع تراث التطبيب بـالجواهر . فهذه الاحجـار الكريمـة ، ليست الا ناقلة فضـائل الكـواكب القرينـة لها. وصـورة هـذه الكواكب بالذات ، وكذلك رموزهـا المعدنيـة . لها صفـة البلسم المبرىء. اهـدى بلّتيه (Peletier) الى مونتنيه (Montaigne) الفرنسي هدية ـ ربما دون ايمان كبير بها ـ « قطعـة صغيرة من الـذهب المرقق قـد حفرت فوقها بعض الرسوم السماوية . ضد ضربة الشمس . . وضد الام اللمس Teste » .ونشير أيضاً الىالاحراز التي لا تحصى التي كشف البير الكبير Albert le Grand عن أسرارها .

ذلك هو جدول الاشفاء الطبي، الذي ما زال متواضعاً . وبالمقارنة يقدم الاشفاء اليدوي نتائج مرئية ملموسة.

وهناك مشكلة جديدة، مسألة معالجة الجروح التي تحدثها الاسلحة النارية ، اعطت للفن الجراحي دفعات جديدة .

الفن الجراحي ـ تقدمت الجراحة في ايطاليا على يد تاغلياكوزي (Tagliacozzi) المعلم في الجراحة (autoplastique) وعلى يد ماغي (Maggi) الذي بلغ الكمال في معالجة الجروح ، وفي البلدان الناطقة بالالمانية ،على يد هـ .جـرسدورف (H. Gersdorff)، وف. ويـرز (F.Wirtz) وف. فابري (W..Fabry) (فابريسيوس هيلدانوس) .

وفي فرنسا، ورغم احتقار « الكلية » العلني للعمليات اليدوية ، يجدر ان نذكر ، بين المجددين، اسم رابليه Rabelais فيما يتعلق بتجبير كسور عظم الفخذ Femur، والذي اخترع أو أعادكشف الـ« غلوسوتومون » او « الـ غلوسوكوميون » واختـرع لفك عقدة الفتق المخنوق ، الـ« سيرنغوتوم » . ولكن المجدد في الجراحة الفرنسية والعالمية كان رجلاً عادياً من الصناع الماهرين ، متمتعاً بحس سليم وبروح عملية ، حماه قليل علمه من الضياع في التبحر ذلك هو : امبرواز باري (Ambroise Paré). كان جراح المعركة ، فابتكر اسلوباً في العثور على القذائف الداخلة في الجسم واستخراجها . تبعاً لوضع المجروح عند اصابته . ودعا الى استبدال الحديدة الحمراء ، من اجل قطع الدم النازف عند العملية ، بالرباط الوعائي (وهو تقنية كان المؤلفون الكلاسيكيون قد دعوا اليها)، وكان اول من دشن اساليب فصل الكوع (Coude)، وفي حالة الغنغرينة (Gangréne)، فصل الاطراف ، وكان يقطع بانتظام في الاقسام السليمة . ورفض العادة البربرية بتطهير جروح الاصابات بالسلاح الناري بالزيت المغلي والحديدة الحمراء . ولكنه هو ايضاً كانت له اسراره ، ومن بينها زيته الشهير « زيت الكلاب الصغيرة » وهذه صبيانية تغتفر له .

نذكر ايضاً ج. غيلومو (J. Guillemeau) من اورليان ، وبيار فرانكو (Pierre Franco) من توربر في بروفا ، وكان جراحاً متجولاً ، تجريبياً انما صاحب افكار جديدة : فقد الغى عملية الخصي castration في معالجة الفتوقات وعمم، بالنسبة الى المصابين بحصى الكلى، الشقّ الطولي مع المجرى وسبق الى الشق عبر المعدة للوصول الى الاحشاء (الخثلة).

وفي القرن 16، أُثريَ الفن الولادي (Obesterical) باعادة اختراع الصيغة البودالية (باري) بوضع تقنية العملية القيصرية (بين، روسي) (Rousset, Bain) ثم بدراسة الانحرافات المهبلية .

IV ـ المؤسسات ، الوسط ، ورجال الفن

الطبيب في التراتب الاجتماعي ـ ظل الطب لمدة طويلة نزيل الاديرة . اما الجامعات ، ذات الانماط المختلفة ، فما تزال تحفظ ذكرى هذه النشأة. فاذا كانت جامعة بولونية وما تزال تجمعاً لمجموعات

مدرسية علمانية ، فان جامعة لوفان عرفت باستمرار ، افضلية وأسبقية أسقف كوجيالية سان بيار مندوب الكرسي المقدس. وفي فرنسا ايضاً تعتبر الجامعة بنت الكنيسة . وكانت الرخصة تعطى باسم السلطة الروحية : في باريس باسم المستشار، راعي كنيسة نوتردام ، المندوب الرسولي . وفي مونبليه باسم أسقف ماغيلون . وكان الطبيب المتفرغ لمهمات التعليم ، مزوداً ، من اجل هذا، بمنحة كهنوتية تكفيه لسد احتياجاته . وكان المعلمون في مونبليه ، وكلاء شرف بفضل اوربين الخامس (Urbain V) يصنعون بآن معاً الرداء الكهنوتي (CamailCanonial) ورداء الاستذة .

هذه الصفة ، صفة الطبيب الكاهن تقتضي موجبات ومستلزمات متنوعة . اولاً ، في الممارسة المهنية ، الامتناع عن اجراء اية عملية جراحية . «الكهنوتية تتنافى مع الدموية». وهذه حكمة كانت تتحكم يومئذ في تصرفات حتى الاطباء المتعلمنين . ثم بالنسبة الى الدكاترة العمداء ، على الاقل ، التخلي عن الزواج . وكان التلميذ بحكم اعتباره نصف كاهن ، منذوراً للعزوبية ، ولم يستفد الا متأخراً من الاصلاح الذي نُشر سنة 1452 من قبل الكاردينال دستوتفيل (Cardinal d'Estouteville) والذي سمح للدكاترة العمداء بالزواج . ولكن الجسم الطبي اخذ يتعلمن بصورة تدريجية . ومنذ 1500 ، لم تعد جامعة باريس تضم ، من اصل 21 دكتوراً ، الا ثلاثة كهنوتيين . اما الاطباء النبلاء او المرفوعين الى مرتبة النبالة ، فقد كانوا قلة نادرة . فالطبيب الممارس من عامة الناس كان يصنف في المرتبة العليا من الطبقة الثالثة . والطبيب يكون من سكان المدينة (اذا ترك الطب الريفي للحلاق ـ الجراح الذي كان ينتف الشعر ويقوم بالفصد أو للمجبّرين أو المتمرّسين) ، ويعتبر من الاعيان البورجوازيين الذين يمارسون مهنة حرة مع مالها من امتيازات تتقدم على الجراحين وعلى الحلاقين ، الذين كانوا يعتبرون من اهل المهن اليدوية المتمرسين بالفنون اليدوية الميكانيكية .

والجهاز الطبي ، ما يزال يحتفظ ، اخذاً عن الكاهن ، بالامتياز التعليمي . ولكن اذا كان الامتياز الجامعي قد اهتز بفعل خلق منابر للطب في الكلية الملكية في باريس ، فان جماعة أبقراط ما تزال تحتفظ في فرنسا بحق الرقابة وبحق التعليم تجاه الجراحين من التابعين. افضلية تقتصر في اغلب الاحيان على صراع متعب ومضر : صراع بين المنظرين غير المتمرسين بالتطبيق اليدوي المحتقرين لتابعيهم ، والجاهدين في الحد من تقدمهم العلمي والاجتماعي ، من اجل اخضاعهم غصباً عن من يريد النهوض بهم . والادب المتبادل بين جماعة سان كوم (Saint Côme) وسان لوك (SaintLuc) يدخل في اغلب الاحيان في مقاومة الاجراءات اكثر مما يدخل في باب التقنية . ان الكلية تفرق كي تسود وتحكم . والنزعات الاستقلالية لدى الجراحين من ذوي « الثوب الطويل » الذين تجمعوا سنة 1311 حول جهان بيتار (Jehan Pitard) ، جراح سان لويس ، قد شوهت بردّة الحلاقين ـ الجراحين من ذوي « الثوب القصير » الذين تقودهم كلية باريس . هذه النزاعات انتهت سنة 1515 ، بتأسيس « جمعية » ؛ ولكن الخضوع المؤقت تحت رعاية (طوق) الأطباء ، لم ينه النزاعات والمطالبات والعصيان في المستقبل .

البيئة الاجتماعية والاداب ـ ومن النتائج الاخرى للتنظيم التعليمي والاجتماعي في ذلك

العصر : البداوة او الترحل. فالى جانب الرفاق الجراحين كان هناك الترحل من اجل التعليم والذي اصبح تقليداً . كان الاطباء المستقبلون يقصدون الجامعات سعياً وراء دروس المعلمين المشهورين او من اجل الحصول على الرتبة . والحق ان هذا لم يكن بالامر الجديد .

فحتى في ايام طب الاديرة كان السفر بين دير ودير دائماً وكثيراً . وكانت الجامعات الوسيطية تستقبل افواج المستمعين « المتعددي الجنسيات » الذين كانت تجمعهم نفس الثقافة اللاتينية وتطبعهم بطابع مدرسي مشترك ينفي عنهم كل شعور بالغربة . وكان الامر ايضاً على هذا المنوال في القرن 16 . فقد كانت اورليان (Orléans) وبورج وبواتيه (Poitiers) وتولوز Toulouse ومونبليه (Montpellier) تغص بالاغراب المتجمعين تحت شعارات او بيارق « أوطانهم » . ومن جهة اخرى كان اولاد عائلات فرنسية يذهبون لاكمال دراستهم فيما وراء الجبال [أي في اسبانيا وايطاليا]. ان جذب ايطاليا كان له مبرره . وهناك تيارات اخرى اتجهت نحو البلدان المنخفضة وجرمانيا . وكان نهر الرين يروي جدران مدارس شهيرة مثل : بال (Bale)، ومايانس (Mayance) وستراسبورغ (Strasbourg) وكولونيا(Cologne). وكانت اسباب هذه التنقلات عديدة : عدم التساوي في الامتحانات ونفقات التعليم والاستقبال ؛ وتوزع مراكز التعليم وعدم استقرار المعلمين الناجحين ، والأوبئة ، والحروب التي كانت تقضي بإقفال المدارس .

ولم يكن الحصول على الليسانس او دبلومات الدكتوراه ضمان استقرار . فاذا كان هناك ممارسون مستقرون بفضل الزبائن المدنيين او بفعل الاستخدام في وظيفة ملكية او اقطاعية او بلدية ، الا ان المواظبة لم تكن من مذاق كل الموظفين . وكان الأطباء والجراحون والملحقون مؤقتاً بالجيوش وبالقصور الملكية والاميرية والكاردينالية . . الخ . أقل استقراراً ايضاً ، انما بحكم الضرورة . ويجب ان نشير هنا الى نجاح الأطباء اليهود الذين نالوا رعاية خاصة وأكيدة من الباباوات أمثال ليون العاشر وكلمان السابع (Clément) وبول الثالث (Paul III) .

ونشير أخيراً الى أسلاف أطبّاء المستعمرات ، مثل جراحي البحرية ، الذين جلبوا معهم ، من مراكز الشرق ، كنوز صناديقهم الطبية ، أو الذين استقروا وأقاموا في هذه المراكز . في سنة 1569 أسس ب. كارنيرو B. carneiro مستشفى في ماكو .

الى جانب هؤلاء المتجولين بحكم الارتباط المهني تجب الاشارة الى المتجولين المتعددين من اجل العلم : وهم الطلاب الدائمون المتطوّعون، الذين، وهم يسعون الى اكمال معارفهم ، زاروا اوروبة بأكملها كما فعل : غونتيه داندرناخ Gonthier d'Andernach واماتوس لوزيتانوس(Amatus Lusitanus) أو لازار بينا (Lazare Pena). كما قام آخرون ينزرعون هنا وهناك في العالم القديم او اندفعوا نحو « البلاد الأجنبية » امثال « بيلون » (Belon) الذي رافق سفراء فرانسوا الاول (François I) لدى الباب العالي ونحو الشرق الأدنى أمثال غيلانديو Guilandino وراولف (Rau wolff) وب. ألبينو (P. Alpino) .

الفصل الخامس :
الزوولوجيا أو علم الحيوان

I ـ الاستلهامات المادية لعلم الحيوان

التجريبية المنظمة والتقدم في علم الحيوان : في مجال علم الحيوان أو « الزو » أخذ عصر النهضة معتقدات وملاحظات وتجارب العصور القديمة المتراكمة المتكونة بفعل الضرورات الحياتية . فلم يعد القنص مقصوراً على القتل أو على الدفاع ، رغم أن الدفاع يفرض نفسه دائماً : فاضرار الذئب لم يقض عليها بعد ، وفي الجبال ما زال هناك زواحف غير مرغوب فيها . ولكن الصيد والقنص أصبحا رياضة متعة وامتيازاً سيادياً منظماً جداً ، له مراسمه وله أدبه . وقد أضاف القرن السادس عشر الى طيران الأسهم وحدة الفولاذ وسنان الرمح ، نار البارود والمسدس . وبدلاً من الاشراك والمكامن حلت التسلية القنصية أي القنص عن طريق الكلاب والعقبان .

وتطور الصيد كما القنص ايضاً . فالسلب الحر الذي كان سائداً في الازمنة القديمة خضع في الارياف للامتياز الاقطاعي المحلي . وعلى الشاطىء تحرر الصيد من الموجبات المباشرة : فاضافة الى الصيد على الشواطىء الفردي او العائلي ،وصيد الهواة، اضيف ايضاً الصيد الكبير في اعالي البحار ، سعياً في الشمال البعيد ، وراء الحوت والرنكة (Harengs) والموري (Morues) . وبعد ذلك تم السعي للحصول على السمك الطازج وما يعيش في البحيرات والمستنقعات ، وقام الصيد النهري أو صيد المد الشاطئي . وقامت المصنوعات المحفوظة المملحة أو المدخنة ، والاستيرادات البحرية لتسد النقص في عجز الصيد الفردي .

وكانت نهاية حرب المئة سنة بداية العودة الى الارض . فالنبيل وقد افتقر بفعل تدني ايراداته المفروضة اقطاعياً والمحددة ، بسبب التدني التدريجي لقيمة النقد، هذا النبيل اصبح جندياً فلاحاً ، واخذ يخدم الحقول . اما القلاع الاقطاعية التي كانت فيما مضى متراصة اخذت تتباعد . وفي اواخر القرن ظهرت القلاع القصور ، نصفها مزارع ونصفها محصن تحيط بباحات واسعة من العنابر والمزارع والمرابط والمداجن والحماميات ، كما هو باقٍ منها في بريتانيا الفرنسية وفي نورمانديا . واصبح النبيل الصياد مربي مواش وتعلم تقنية التربية الحيوانية .

وكذلك بالنسبة الى اقوياء هذا العالم فوراء ظلال الابراج قامت الفيلات الفخمة ، وحولها الاطار الواسع للجنائن والملاعب تنم عن الثروة وعن الابهة والرفاهية .

في حين كان السُيَّاس في الاصطبلات منهمكين ، في بذخ مداجن الطيور والزرائب، حيث الطيور النادرة والحيوانات المدجنة تخور، ارضاء للفضول او انساً للعين : وكانت الزرائب تتبع آل فالوا(Valois) الى قصور اللوار ، وتسير وراء ركب الملوك :هنري II الى سان جرمان ، وشارل التاسع وهنري الثالث الى اللوڤر وهنري الرابع الى فنسان . وكان آل مونمورانسي، في شانتيلي (Chantilly) يقيمون زرائب مشهورة . واستفادت العلوم من هذه الهوايات : فقد اغتنم باري الفرصة ليشرِّح نعامة .

ولكن هذه العلاقات مع عالم الحيوان لم تبرأ من المتاعب. فاضافة الى الجروح العارضة التي تسببها هذه الجوارح المتوحشة او الحيوانات السامة ، كانت هذه الكائنات المدجنة تتسبب لمؤاكليها بعدوى الطفيليات، وخطر الكلب ومناسبات وقوع الحوادث السيئة . وكان تقنين الطعام في ايام المجاعات او الحروب الطويلة ، واستعمال المملحات يضيف الى مساوىء الخفر (فساد الدم) ، وهذه المساوىء كان لها بعض المحاسن فرغم ان هذه الاجراءات ظلت غالباً موسومة بالسحر او بالخزعبلات ، دخل علم الحيوان في الميدان الطبي عن طريق تنظيم الحِمْيَّة الطبية وبعض الادوية التي بدأت تظهر فيها طلائع علم الطبابة العضوية (الاستعضاء) .

وحصل نفس التقدم فيما يتعلق بأمور صحية اخرى ومنها الصراع ضد البرد فجلود الحيوانات التي كان الاقدمون يرتدونها ، تحولت بيد الدباغين والقشّاطين الى احذية ، وعدة ولأمات للحرب والبسة لاصقة او الى معاطف من القاقم والفرو الفخم؛وتكاثرت وتجددت بفعل تطور المواصلات وجرأة الصيادين بالمطافح . وبدلاً من الحرير المستورد من بلدان «السِّير»، عمل تدجين شجرة التوت وتربية دود القز على احلال المنتوجات الحريرية المحلية مكانها . وحل محل عقد اسنان الدببة عقد اللآلىء والمرجان . واستعملت محفزات من حيوانات حقة (دببة برن) او خيالية في مجال الدعاية. والشعارات البلدية او النبيلية او في تزيين الواجهات ، والارمات والستائر والاثاث او حتى في خزفيات ب. باليسي (B.Pallissy).

II ـ مكتسبات جديدة واحصاء عالم الاحياء

اكتشاف العالم وزوائده ـ بفضل الاكتشافات الجغرافية تضخم حجم عالم الاحياء بشكل لا حدَّ له . لا على اساس قياس الوقت الحاضر ، بل ايضاً على اساس جدول (كاتالوج) ارسطو الذي لم يكن يتضمن الا حوالي 500 نمط حيواني . لقد امكن تجاوز المجموع بكثير. فقد دونت ثروات اوروبا بعد ان عرفت بشكل افضل واشار اولوس ماغنوس (Olaus Magnos) الى الوحوش المرعبة (ومنها الكراكن الشهير)، ومجموعة الحيوانات الشمالية . ودرس سيغموند فون هربرستين (Siegmund von Herberstein) منتوجات موسكوفيا Moscavie، وشفنكفلت(Schwenckfeldt) منتوجات سيليزيا (Silesie)، وكنتمان (Kentmann) طيور شواطىء الالب وتورنر (Turner) طيور انكلترا. وبعد ليون Léon الافريقي قام رحالة طبيعيون بالسفر الى الشرق الادنى: بروسبورو البينوProspero Alpino،

جيل داليGilles d'Albi، بيلونBelon، تيفتThévet الخ. وراقب جيلGilles في مصر الزرافة، وفرس النهر (هيبوبوتام) والنمس؛ وعلى شواطىء البحر الاحمر شاهد حتى الاطوم Dugong (حيوان ثديي مائي يشبه السمك) .

وبعد 1447، اكتشف لورنسو دياز(Lonrenço diaz)، على شواطىء غيني (La guinée) الكلاوCalaos او ابو قرين (طائر ضخم المنقار يعيش في الغابات الحارة وهو من الجوائم الملتصقة الاصابع) . وفي سنة 1519 عثر بيغافتا (Pigaffetta)، رفيق ماجلان (Magellan)، على العديد من الطراسيح (م. طرسوح) (مانشو) على شواطىء باتاغونيا (Patagonie). وبعد الفاتحين الاوائل (كونكيستادور conquistadores)، وعلى جهتي خط التنصيف المحدد بمعاهدة torديسلا 1493 تدفق المستعمرون الاسبان ـ اللوزيتانيون : نواب ملك او حكام امثال غومارا هرناندز (Gonzalo Hernandez) من اوفيدو (Oviedo)، ومبشرون امثال لوبز دي غومارا (Lopez de Gomara) وجوزي دي اكوستا (Jose de Acosta) « بلين العالم الجديد » ، واطباء او جراحون امثال غارسيا دا أورتا (Garcia da Orta) في غوا (Goa) ، وكريستوفال آكوستا (Christoval Acosta) وفرنسيسكو هرناندز (Francisco Hernandez)، منتدب في اسبانيا الجديدة من قبل فيليب الثاني (Philippe II) مع لقب طبيب الملك . هؤلاء جميعاً عملوا على اغناء الموجودات النباتية والحيوانية من الهند الغربية او الشرقية ، التي كان يسجلها في اشبيليه Sevile الطبيب مونارد (Monardes). وقد تحدوا التعب والمخاطر، والقراصنة ، واللصوص والمتوحشين ، والحيوانات الكاسرة والافاعي والكيمان من التماسيح ، من اجل اغناء الثروة التقليدية . ولسوء الحظ احترقت اعمال ف. هرنانديز Hernandes ، (17 مجلداً) سنة 1671 بعد حريق مكتبةالاسكوريال (Escorial) المقصود . ونشر قسم منها فقط في مكسيكو سنة 1615 ومختصر منها في روما سنة 1628 ؛ وصدرت طبعة منها اكمل (في روما سنة 1649 - 1651) بعناية علماء الطبيعيات عن « اكاديميا دي لانسي » . وكان من الواجب بعد ذلك اعادة تجديد واستكمال المجموعات القديمة . وهذا ما تصدى له شخص اسمه غسنر (Gesner) وشخص اسمه االدروفاندي Aldrovandi ، وأصحاب مصنفات ناشئين امثال كايوس وامبراتو واعترضتهم متطلبات النقد ومشكلة الكادرات التي سوف يهتم بها واتون (Wotton) .

وبدا الانتقاد خجولاً في بادىء الامر امام القاب نبالة جعلتها الاقدمية محترمة. فعن القارن (ليكورن) الذي شهد بوجوده الكتاب المقدس، لا يعرف الا القرن الذي تمتدح فضائله المدهشة . وكانوا يجهلون يومئذ انه ينتمي الى كركدن البحر فاعتبروه من الحيوانات ذات الاربع وظلوا منذ بلين (Pline) يتجادلون حول هويته . وهناك حيوان آخر ذكره الكتاب الدنيويون والدينيون هو العظاءة (Basilic) ذات النظرة القتالة في الصحارى الافريقية ، وقد أكد عليها الدروفاندي (Aldrovandi) الذي يشك بوجود الهيدر (Hydre) ذي الرؤوس السبعة ، والمعروض في كنوز البندقية . وكان لا بد من قريحة رابليه (Rabelais) لكي يعيد الى « مملكة الشياطين » ذوات

القرن الواحد و« النساء الطائرة » ، وطيور السلوقيين والستمفاليين والستير (الانسان العنز)، ولكنه ادخل معها بعض الكائنات الحقة.

المعجمية التقنيــة والمنهجية ـ كيف يدون السجل التعدادي ؟ المشكلة الاولى : وكيف تكفي اللغة الشائعة لهذا الغرض . الواقع ان اللغة التقنية ما تزال تحتاج لمن يضعها سواء في المجال التشكلي التكويني (مورفـولوجيـا) أم في المجـال التـدوين العضوي (اورغـانوغـرافيا)، ام في مجـال التوزيـع والتصنيف ، وتحـديد المـاهيـة الـذاتيـة . لا شـك ان كـورنليـوس اغـريبـا(Cornelius Agrippa) وجوردانو برينو (Giordano Bruno) قد دعيا، ـ في معرض عودتهما الى الافكار التي صـاغها سـابقاً ريمون لول Raymond Lulle في « آرجنراليس » Ars generalis وهو يحاول ايجاد معجمية مصطلحات ـ الى انشاء لغة علمية دولية ، الا انهما لم يوفقا في دعوتهما .

ان المصطلحات التشريحية (آناتومية) تظل زاداً مستقرضاً مجمعاً من هنا.وهناك . ولا تتضمن تفصيلات التنظيم البشري الا كلمات متنوعة متنافرة تلفيقية اغريقية، لاتينية، واغريقية ـ لاتينية ، او كلمات عربية مأخوذة عن الرازي او عن أبو القاسم Abulcasim وابن سينا Avicenne ، وهي موجودة بقلم رابليهRabelais في تشريح « كارسم بريان»Quaresme Prenant.

وكذلك الحال بالنسبة الى عديمة الفقرات ، استعمـل شفنكفلت (Schwenckfeldt) جـذوراً هلّينية، وتعابير لاتينية .

ويذكر ان هذه الكلمات لم تصبح علمية الا لانها نبشت من لغات ميتة وانها خرجت في زمنها على شفاه العامة . وان لغة علماء الطبيعيات في القرن السادس عشر لم تكن تأنف هي ايضاً ان تأخذ من الشعب التشبيهات الغليظة او المضحكة من تعابير طريفة .

اما المصطلحات الخاصة فمصادرها ليست اقل تعقيداً: فضياع أول نموذج عن عالم الحيوان (سفر التكوين، II,20) الغائم والمبهم بدون شك كما يقول رونديلي (Rondelet) « بسبب غموض اللغات في بابل »، كان خسارة عظيمة لا تعـوض . ولكنها استعيض عنهـا بالمـأخوذات من اللغـات العبريـة والعربية والفـارسية وخـاصة الاغـريقية والـلاتينية . ومن بـين هذه المصـطلحات الاخيـرة لم تبق الا الكلمات المستعملة في اللغة العلمية النحوية . وهناك كلمات اخرى، رغم عاميتها قـد زالـت : مثل كلمة كونين او كونيـل ، (كونيكـولوس) وقـد اوردها فقط اوليفيـه دي سر (Olivier de Serres)، وحلت محلها عند رابليه وريمون اتيان (R.Estienne) كلمة ارنب.

وبالمقابل يضاف الى بقايا الاصل القديم نماذج من شـذرات كتبية ، ليست للاستعمال بقدر ما هي للدلالة المرجعية من ذلك التبني المنسوب الى بيلون (Belon) من قبل الدروفاندي (Aldrovandi) لكلمة كريزاتو بلوني (Chrisaetos Bellonni) .وتأتي أخيراً الكلمات من اللغة العامية المستوحاة من مشابهات تشكيلية أو من محاكاة صوتية او من سمات تـدخل في مجـال الاداب والعادات او الهجـاء .

(*) صاحب كتاب التصنيف ـ أندلسي .

ويجب ان نلاحظ غنى المحاكيات الصوتية الشعبية المتوسطية وبخاصة في المجال السمكي بالمقارنة وبالنسبة الى فقر المصطلحات الحيوانية القارية .

ثم انه اضافة الى علم في عز اغتنائه ، بسبب المجلوب من « الاراضي الجديدة » التي اكتشفها البحارة ، من أنواع غير معروفة ، ان المأخوذات المستمدة من الأصل المحاكاتي القديم لم تعد كافية؛ جاءت كلمات أجنبية ، غالباً ما تكون محرفة ، ذكرها تيفت (Thevet) واستعادها باري (Paré) نوعاً ما جاءت لتنمي لائحة الكائنات غير المعروفة من قبل . من هذه الكلمات ما هو أسيوي ومكسيكي ومن جزر القرايب ومن أورغواي ؛ وعلى العموم انها مجموعة متنافرة متعددة الأشكال ومشوهة مملوءة بالأغلاط أو بالنقل المحرف والغموض ، حاول جسنر (Gesner) والدروفاندي Aldrovandi ، بعد جهود ضخمة ، ان يصنفاها ضمن مرجع متعدد اللغات .

الاساليب التجريبية في التصنيف ـ 1 ـ **الترتيب الأبجدي** ـ **الحل الاول** : الوسيلة البسيطة التسلسل الابجدي والترتيب المعجمي ، المعتمد في « المجامع » الوسيطية : البير الكبير Albert le) (grand أو برتيليمي الانكليزي (Barthelemy) ؛ هكذا فعل غسنر والدروفندي رغم لجوئهما ،في الترتيب التحتي ، الى ترتيبات أخرى أو منفعية أو أكثر منهجية[1] .

2 ـ التجريبية المنفعية ـ من الناحية الذاتية الخالصة، رأى البعض، مع بولو جيوفوPaolo Giovio أسبقية المطبخية والقيمة المتدياتية الوليمية (المد، الاسماك المدخنة، المملحات) او ايضاً التراتب المنزلي، واضعاً الكائنات المدجنة أمام اسماك النهر Feril وولائد الغابات. وهذا رأي لم يرفضه «بوفون »Buffon.

التصنيف المثالي : سلم الكائنات ومعاييرها ـ يقابل وجهات النظر الواقعية هذه، الأنظمة « المفضلة » ، وهي بناءات نظرية ، متماسكة تزعم انها تعبر عن « نظام الطبيعة » . 1 ـ **التحركية الحيوية** ـ ان افضل تعبير عن هذا التنظيم المثالي هو تنظيم « سلم الكائنات » انه تسلسل يوحي به تراتب الخلق «التوراتي» في اليوم الخامس واليوم السادس ، ونظام الكمال المتصاعد من عالم الجماد الى عالم الحياة والتعقل ، لان الطبيعة تنزع الى « خلق ما هو الاكمل » . نظرية جمالية صاغها من قبل الفيثاغوريون وافلاطون . وتكملها نهائية غائية تستخدم الانسجامات المسبقة والمقررة سواء بالبنية الفيزيائية ام بالتعاطف والمحبة او بالتنافر والكره. هذا التصاعد يترجم اذاً سلسلة وظيفية تصاعدية عرفها من قبل أرسطو (الستاجيري): الصعود الروحي انطلاقاً من الحركية الإحيائية الأرسطية(نفوس حيوانية ،فاحساسية، فعاقلة)؛ نظام يتمحور حول الانسان فيه تتأكد وحدة الخطة بالانتقال من مملكة الى اخرى. في الاسفل المرجان (كوراي) الذي يعتبر في نظر كمبانيلا (Campanella) « شجرة بحرية » تصخرت؛ في الأعلى و«الزوفيات»ـ [حيوانات بحرية حيوانات عند فيلون (Philon) اليهودي وسكتوس امبيريكوس (Sextus Empiricus) ، ونبات حيواني عند تيوفيل الغزاوي]ـ التي تعتبر ، سنداً لارسطو وبلين (Pline)، انها من طبيعتين، الى درجة اننا لا نعلم، يقول بيلون

(1) ان تصنيف الدروفاندي مدروس بتفصيل أكبر في ما بعد .

(Belon) :« هل هي نباتات ام حيوانات »، والتي يصنفها رابليه (Rabelais) في (« بانتاغرويـل »، الكتاب الثالث، 8) مع النباتات . فهي لا تمثل فقط في عالم الماء ، بل ايضاً على الارض الصلبة تحت صورة « بورامي اوبورامتز » ، او « آغنوس سيتيكوس » في « التارتاري » ، له جسم الحمل ولكنه يظل متجذراً في الارض بجذع مرتبط بالسرة . وأخيراً، تذكير آخر في المجال الاساسي حسب قول سيزالبينو (Cesalpino) المجرى الصاعد للدم البشري، من القدم نحو الرأس مثل النسغ عند النباتات .

2 ـ **المعيار الاخلاطي المزاجي** ـ حول هذا المعيار تُستوحى الخطوط الكبـرى من ارسطو. في اسفـل السلم هناك الحيوانات المحرومة من الدم . وفوقها الحيوانات ذات الدم الاحمر ، الدال على تملك نوع من الحرارة الحياتية ، تتناسب مع الكرامة العضوية بحيث ان الانسان في نظر الستراجيري ، يجب ان يكون دمه هو الاكثر حماوة ، بحكم انه كائن اسمى .

3 ـ **المعيار الوراثي** ـ يضاف الى المعيار المزاجي في الكمال المعيار الوراثي. فالتغاير هو القاعدة لدى الحيوانات الدنيا : فالقمل، يقول جهان ماسى (Jehan Massé) قد خلقت من أخلاط زائدة. ويقول جوزي دي آكوستا José de Acosta ان الجرذان والضفادع والنحل وكل الحيوانات الاخرى غير المكتملة تتولد من الارض. ويذكر باريParé كيف عثر في كرمه في مودونMeudon على حجر اجوف، مقفل من جميع الجوانب وبداخله ضفدع كبير حي ، الذي لم يكن ليتولد الا من نوع من الرطوبة العفنة . وبالعكس سن ذلك فالحيوانات الكاملة ، وبحسب نظام الحكم الذي رسمه الله ، تتوالد عن طريق الجنس البويضي اولاً ثم بالولادة .

واسلوب التوالد الخلقي هذا ينزع الى دوام الشكل واستمراره مع تحسينه . ان معيـار الوراثـة المتشابهة ليس مـطلقاً مـع ذلك : من ذلـك ان الاوزة القطبيـة السائحـة تتولـد من بعض الأصداف الشجرية التي رسمها ايضاً الدروفاندي (Aldrovandi). وكذلك يرى بلين Pline ان طير الكوكل هو تحول من الباشق. ولا يجد بيلون صعوبة في الحاقه بالجوارح. ولا يستبعد باري امكانية التلاقي غير الطبيعي انما المخصب، فتتولد كائنات مركبة ، ولكنها هنا شواذات. ومهما توسعنا في سلم الكائنات ، فاننا سوف نستمر في مواجهة الحواجز. الـوطواط والنعامة، الا يدلاّن، بالعكس، عـلى الانتقال من عالم الطير الى عالم المشي ؟. والانشغال بوحدة الخـطة العضويـة الا يتكشف في التماثـل الهيكلي بـين الانسان والطير، هذا التماثل الذي صوره بيلونBelon؟ تماثل بل تماثلات ملحوظة ايضاً بين دواجن الطير والحصان أو القرد ، أشار اليها ليونارد دا فنشي Leonard de vinci وباري وفولشر كواتر Vol-cher Coiter . أيتوجب بعد هذا المناداة ببيلون Belon على أنه رائد التشريح المقارن ؟ أم الإكتفاء بتشريفه بالاسبقية العلمية ، أم التذكير بالأسلوب المقارن الذي سبق أن دعا له أرسطو ؟ لأن هذا السلّـم الحيواني الذي يراد له أن يكون وحيداً سـوف يتجزأ إلى أربعة أجزاء على يد كوفيه Cuvier

يضاف الى هذه المعطيات التشابهية اطـرٌ ذات نظام وظيفي (السـابحات، الـزواحف ، المشاه والـطيور الـداجنة) وبيئـوي (ايكولـوجي) (الحيوانـات المـائيـة ، النـوامي تحت سـطح الارض ،

والارضيات والفضائيات) مع اضافة الطارئات التي يفرضها اسلوب توزيع مصطنع للاسماك، وهي كل ما يعيش في الماء مثل: القشريات، والرخويات، والديدان، والشبوط والضفادع، والحوتيات، وعجول البحر، وافراس النهر، وجرذان المياه، والكاستور (القندس) ؛ وهو تصنيف وافقت عليه الكنيسة، ويجيز في الصوم الكبير اكل لحم القندس المذكور وغيره من الاسماك. والزواحف وهي كل ما يزحف، مما حدا بشفنكفلت (Schwenckfeldt) ان يصنف الحلزون الى جانب الحية، ولونيسر ان يصنف مع الطيور الداجنة : الديكة والحجل والدبابير والنحل والذباب، ودون ان ينسى الوطواط الذي صنفه بيلونBelon والدروفانديAldrovandi مع الطيور المتسلقة التي تطير ليلاً.

4 ـ التصنيف الوضعي ونماذجه ـ تضاف الى الخطة العامة متفرعات من نوع اكثر حصراً، يقصد بها على الاقل من حيث التفصيل، تصحيح عيوبها. من ذلك انه ظهر عند واتون (Wotton) الاوكسفوردي، الذي حاول ان يفسر المنهجية، وعند ب. بيلون (P.Belon)، عود محمود الى التراث الارسطي المرتكز على التشريح وعلى علم الاجنة (أمبريولوجي). معطيات سطحية احياناً تفرضها خصوصيات لحائية جلدية (اسماك طرية، ملساء او شوكية « مغطاة بالقشرة » أو « بالجلد القاسي»)؛ واحياناً شديدة الحصر كما في مثل تصنيف المجترات سنداً للقرون (اميليانو)؛ وفي غيرها مؤسسة بصورة افضل على طبيعة الهيكل العظمي (اسماك غضروفية، او عظمية)؛ او شكل الاطراف (رباعيات، وحيدات الحافر او مشقوقاته او متعددة الاصابع ؛ والكواسر ذات المخالب: طويلات الساق وذات الاصابع المتصلة). ويعود الفضل في اول تشريح جدي لصفيقات الجلود او الجسئية (كالفيل..) رغم معرفة هذا التشريح منذ القدم، الى جيل دالبي (Gilles d'Albi)، الذي استطاع تشريح جثة فيل صغير كان مرسلاً الى هنري الثاني Henri II). والتمييز بين نوعين بحريين، من شواطىء فرنسا مثل الدلفين العادي او فم الاوز (Delphinus delphies.L) وخنزير البحر (Phocaena communis, less)لم يتم الا على يد بيلون، في حين كان الصيادون يأسرونها منذ زمن بعيد. ويغفر لجيل دالبي انه جمع دون ما تمييز، في صنف الاسماك الزعنفيات والحوتيات، وذلك عندما نلاحظ دقة حججه المميّزة

المرحلة النهائية :وصف الاعراض والمفهوم الخاص الذاتي ـكان لا بد للتصنيف، وهو يلخص التصور المثالي للكون ويحقق العلاقات الخفية بين المرئي وغير المرئي، من ان ينتهي من المجرد الى المحدد ومن الفئة النظرية الى تشخيص الواقع. وقد عرف غسنر (Gesner)، في اطاره المصطنع للتسلسل الأبجدي كيف يربط فيما بين مجموعات طبيعية جيدة من تلك التي سماها الـتاجيري (ارسطو) الاسر او العائلات والانواع.

ولكن الخصومات الوسيطية القديمة حول الكليات [وهي المعاني المجردة الخمسة : الجنس والنوع والفصل والخاصة والعرض العام] كانت يومئذ خامدة. وهذه المعاني لم ترتبط ـ كما هو حالها عند ارسطو، ـ عند علماء الطبيعيات في القرن 16 بمعايير تجريبية محددة وثابتة. وان نحن رأينا في بعض الاحيان، ترابط كلمتين متنافرتين، ضمن تعبير ذاتي التكوين، فما ذاك الا بمحض المصادفة او

بالاستثناء. ان المعجمية تظل تتغير، متنافرة او متعددة الاشكال فهي مرة وحيدة الاسم او مزدوجته او مثلثه، تقتصر بالمناسبة على نعوت تمييزية مبهمة (تبـدل مذكر او مؤنث ، كبير او صغير)؛ ومرة تضيع في جمل وصفية ، او هي تنطلق من الهامات متعددة. لا شيء هنا منهجي . ويكون من العبث اعتبار بيلون (Belon) طليعة واضعي مدونة المصطلحات المزدوجة .

III ـ علم الحيوان المصور

الوسائل والفنانون ـ الى انتشار العلم لم يستطع الفن الا ان يقدم الدعم. فكانت من جهة اولى الرسوم اليدوية كتلك التي نفذها البير دورر(Albert Durer) وليونارد دا فنشي (Leonard de Vinci). وكانت هناك من جهة اخرى الوسائل الطباعية : مجموعات النقش على الخشب، التي سبق وعرفت منذ 1350 في بال عند وسم الاقمشة .

ثم انتقلت فيما بعد الى مجال الطباعة الكتابية النموذجية (تيبوغرافيا). وبعدها جاءت الطباعة النحاسية (شالكوغرافيا = شالك = النحاس) او الحفر على صفائح النحاس بواسطة محفر او ازميل . وقد جرت المحاولات الاولى، على ما يبدو، في بورغونيهBourgogne، قام بها صاغة، منذ 1450 في فرنسا والمانيا وايطاليا. وظهرت رسوم على خشب في اول الكتب عن الأعشاب (Herbarium Apulei)في روما 1481. اما المحفورات على النحاس فقد كان منها نماذج سابقة، في المانيا والبلدان المنخفضة، على تلك التي تبجح تيفثThevet بانه كان السباق اليها واشاعها في باريس في « رجال مشاهير» .

وقد وجدت منها نماذج على اوراق طيارة. وهناك نماذج اخرى على مجموعات « ألبوم » او ضمائم من اللوحات امثال: «صور طيور وحيوانات وافاعي» وضعها بيلونBelon (باريس، كافيلات1557)، «آفيون فيفا ايكون» لأدريان كوليرت Adrian Collaêrt، ثم « ايكون آنيماليوم. . » لغسبر، (زوريخ 1560)، ثم « فيناتوس اوكيبيوم » للونيسرLonicer، (فرانكفورت 1582) « ولوحة الجسم البشري » لـ ف. كواترV.Coiter، (1573). وشاعت أخيراً الصور والرسوم الرمزية (= فينييت) في النصوص : حروف مزخرفة ، أضاف اليها أمثال دورر Dürer،وهولبين Holbein سمة واضحة، جافة قليلاً، من محفرهم ؛ أو رسوم ذات قيمة متغيرة جداً في النصوص وخارج النص .

وكان الفنانون ينتمون الى قوميات متنوعة جداً . وعن مطابع مطبعة بلانتانPlantin، في انفرسAnvers، خرجت رسوم فان در بورطVan der Borcht، من اجل « كولوكيوس » غارسيا دا أورتا Garcia da Orta، حفرها آ. نيكولا A.Nicolai الذي زين بالرسوم ايضاً الطبعات الاولى الباريسية من كتاب « ملاحظات = اوبسرافاسيون» لـ بيلونBelon، وكذلك طبعات كتاب ايكزوتيكورم لـ كلوزيوزClusius حيث تمثلت حيوانات كانت حتى ذلك الحين غير معروفة . نذكر

ايضاً لوحات الثدييات والطيور لـ ابراهام بلومارAbraham Bloemart حفرها ب. بولسورت B.Bolswert، ولوحات كوليرت Collaêrt. وتضمن كتاب « ذوات الاربع » لـ ميشال هر Michel Herr (1546)، 64 رسمة محفورة على الخشب وغير موقعة تمثل بشكل امين نوعاً ما ثدييات اوروبا وبعض الانواع الاجنبية .

ويعود الفضل في بعض المحفورات الخشبية « غرائب من فرنسا القطب الجنوبي » لـ تيفت (Thèvet) الى حفار من مقاطعة اللورين الفرنسية هو كل. ورربوت (Cl.Woeiriot) الذي حفر بعض رسوم الباريسي ب. غودي (P.Goudet) (غورديل) لكتاب بيلون (Belon) : طبيعة الطيور .

وازدهرت سلالات فنية فيها وراء نهر الرين . وكانت المحفورة الاولى عن الزرافة ، المستعادة من قبل تيفت، وتعود الى الملوّن ارهارد ريوش (Erhard Reweich) الذي ذهب الى الارض المقدسة في القرن 15. وكان هناك آخرون معنيون بالحيوانات منهم : الاخوان هوفناجل (Hoefnagel)، وجوست آمان (Jost Amman) الذي زيّن تياربوخ لِـ جان بوكسبرغر (Jan Bocksberger) والبير دورر (Albert Durer) الذي خلف عدة رسوم اشهرها ، بتاريخ 1515 ، تمثل وحيد قرن مقدم الى ليون العاشر (Leon X) من قبل عمانوئيل (Emmanuel) البرتغالي. واخيراً زينت الطبعة اللاتينية لـ1556 والطبعة الالمانية لـ1557 عن كتاب متاليكا لـ آغريكولا برسوم على خشب رسمها هانس رودلف مانويل دوتش (Hans Rudolf Manuel Deutsch). وفي سويسرا استخدم غسنر مواطنيه الزوريخيين هانس آسبر وجوهان تومان (Johann Thomann, Hans Asper) ، ومن اجل طيوره استخدم لوكاس شرون (Lucas Schroen) (شان) . وفي ايطاليا استأجر سالفيان (Salvian)، لمدة سنتين، برنار آرتين (Bernadus Aretinus)، وغيره من الفنانين؛ واستعان الدروفاندي، بالرسامين كورنيل سونت(CorneliusSwint)، من فرانكفورت وبحفارين اثنين هما لورنزو(Lorenzo) وبرنيني (Bernini) من فلورنسا ، من نورنبورغ : ش. كوريولانوس (Coriolanus) وحفيده . وقام جورج رفردي(Georges Reverdy، هارب من شبه الجزيرة، برسم « الاسماك » لـ رونديله Rondelet؛ في حين استعاد بيلونBelon من دانيال باربارو Daniel Barbaro، سفير البندقية في لندن، صور بعض اسماك« بحر الادرياتيك، والمتوسط، وبحر ايجه والبونتيك » التي رسمها رسامه بلينيو(Pelinio).

القيمة المتفاوتة للرسوم ـ الا ان القيمة المستندية لهذه الرسوم متفاوتة . ان الكليشهات العابرة او النقالة كثيرة للغاية ، وهي تنتقل بالعيرة او بالكز من كتاب الى آخر (راجع المسوخ لـ باري). فضلاً عن ان الكثير منها مزعوم ومشوه اما بفعل التراث الفني القديم ، مثل صورة الدلفين ، واما بايحاء غير واعٍ اسمي او خرافي مثل القُهَيْقران (Amphisbène) لونيسر (Lonicer). واخيراً هناك منها ما هو غير صحيح .

وعلى الرغم من قرصنات الخطافين الباسك مَثَّلَ فون كوب (J. Von Cube) الحيتان بشكل جنيات بحر ثديية ، وزودها غسنر (Gesner) بنفسه بزعانف رهيبة ومتعددة . واعتبر بيلون (Belon) شاربي الحوت، اللذين نُقِلَ عنهما نافخ التنورة [شريط تتزنر به النساء لينفخ التنورة]، وكانهما شعر

الحواجب عند هذه الحيتان . وهناك ما هو افضل بالنسبة الى هذه « الوحوش البحرية التي لها شكل الراهب» التي سبق ان اشار اليها البير Albert الكبير، وجون فون كوبJ.Von Cube ؛ وقد اهْدِيَ رسمٌ لها الى روندليه(Rondelet) من قبل مارغريت دي نـافـار (Marguerite de Navarre) . وهي رسمة مرتبة تبرر العنوان الذي اطلق عليها مرة بعد مرة : وحش اصطناعي ؛ الفقمة ذات البطن الابيض ، أو الفقمة ذات المعطف والباقيات من الاخطبوطيات العملاقة .

اما زخرفيات لونيسر (Lonicer)، المدرجة في النص ، فهي قبيحة وصُغَيِّرة . اما رسمات روندليه (Rondelet)، فعلى الرغم من صعلكتها مثل رسمات بيلون ، فهي على العموم مضبوطة من حيث التفصيل ، في حين ان الـ99 لوحة المحفورة لـ سالفياني (Salviani)، فهي على رغم جمالها ، لا تحسب الا حساباً تقريبياً للاشواك والغلاصم الخ .

اما رسمات غسنر (Gesner) ، فعلى تفاهتها ايضاً ، الا انها على العموم دقيقة، وخاصة ما يتعلق منها ببعض الفقريات البحرية المصورة بشكل جيد. واما محفورات كتاب ميشال هر (Michel Herr) الذي سبق ذكره فهي على العموم حسنة. ولا نجد أيَّ اعمال مدهشة الا في مجال التشريح البشري ، في هذه اللوحات الفخمة التي تمثل الهياكل العظمية المتكئة في وضع الحفار المفكر الذي رسمه رجل اسمه فان كالكار (Van Calcar) لـ ڤيزال

نركز ، في النهاية ، على المجلوب الايقوني الذي تم بفضل اكتشاف العالم القديم والذي عرض مع كولوكيوس لـ غارسيا دا اورطا (Coloquios Garcia da Orta) . وخاصة بعد اكتشاف « الأراضي الجديدة » امثال صور : التاتو او « قنفذ البرازيل » لبيلون وغيره الكثير من الكائنات التي رسم كلوزيوس و الاسبانيون ظلالها بشكل دقيق نوعاً ما . وهذا لا ينفي ان التزيين بالصور يؤدي الى مزيد من الواقع المصور الذي لم تتضمنه خطابات الاقدمين الكتبية

الفصل السادس :
علم النبات

ان اختراع المطبعة ذات الحروف المتحركة ، في اواسط القرن 15 ، قد طبع بدايات علم النبات الحديث . ولم تكن اليقظة تتسم في بادىء الامر بشيء من الاصالة . وفجأة حدثت طفرة في المؤلفات : فصدرت اطالس سميت « معشبات » منها : ارباريوم ابولي (Herbarium Apulei) ، (روما 1481) ، وارباريوس زو دوتش (Herbarius zu Deutsch) ، لـ بيتر شوفر (Peter Schoffer) ؛ اورتوس سانيتاتوس (1491, Ortus Sanitatis) ، واربولاير (Arbolayre) (باريس 1495) ، و« المعشب الكبير بالفرنسية » (1526) . الخ . ونالت نجاحاً كبيراً . إلا أنها لم تكن الا تجميعات ذات استعمال عادي ، وأدوات للدلالة على « البسائط من الأعشاب الطبية » . والرسمات فيها هي في أغلب الأحيان للزينة وتدخل في مجال الهواية الخالصة . والمحصل : عودة قوية الى العصور القديمة الاغريقية اللاتينية .

ومنذ القرن 16 ، نزعت دراسة النباتات الى التحرر من النير التقليدي والى ان تستقل بذاتها ولذاتها . وبدأ تفحص الطبيعة ؛ وبدأ عصر الرحلات الكبرى والرحالة النباتيين . بالتأكيد، لقد وقفوا طويلاً أمام الترجمة وأمام تفسير ديوسكوريد Dioscoride أو بلين Pline [1] . انما على نفس الخط ارتسمت السمات العريضة التي سوف لن تكذب او تخيب، والتي فرضها البحث عن معرفة مباشرة واضحة وقابلة للانتقال. وبدأ الاهتمام ـ وهذا نشاط جديد ـ بتجفيف النباتات وتجميع كتب

---

(1) ان النص الاغريقي « تاريخ النبات » و « في اسباب النبات » لـ تيوفراست Théophraste ، ادخل في المجلد 4 من طبعة مبادىء ارسطو (البندقية 1497) واعيد طبعه سنة 1541 ونشرت الطبعة اللاتينية لـ تيوفيل الغزاوي سنة 1483 واعيد طبعها عدة مرات في القرن 15 . وكان من اهم شراحها : رويل Ruel ، غسنر Gesner ، سيزالبينو Cesalpino وزالوزنسكي Zaluzansky .

اما شروحات ديوسكوريد فقد نشرت ، لأول مرة ، باللاتينية سنة 1478 وبالاغريقية 1499 . 6 طبعات اغريقية و 8 لاتينية (واشهرها طبعة ماتيولي 1554 ؛ وكانت موضوع اعادة طبع مع رسومات خشبية سنة 1565) و 3 ترجمات ايطالية ، و 3 فرنسية الخ. صدرت لما قبل نهاية القرن 16 .

اما كتاب تاريخ الطبيعة لـ بلين Pline الذي طبع بعد 1469 فقد اعيد طبعه لا اقل من 18 طبعة (15 لاتينية و 3 ايطالية) . وفي القرن 16 صدر له حوالي 50 طبعة لاتينية ولكنه لم يترجم نسبياً الا قليلاً (الى الفرنسية 1562 والانكليزية 1601) . في حين صدرت له شروحات كثيرة جداً بمختلف اللغات .

الاعشاب ، مثل كتاب لوكا غيني (Luca Ghini) ، المفقود اليوم ، او كتاب تلميذه جيراردو سيبو (Gherardo Cibo) الموضوع فيها بين 1532 و1540 ، والذي حفظ في المكتبة الانجيليكا في روما ، أو أيضاً كتاب الجراح الليوني جيرولت (Girault) الذي يرقى الى 1558 والموجود في ميزيوم باريس .

وفي القرن 16 أيضاً استعاد التصوير الايقوني (ايكونوغرافيا) النباتي نشاطه وهذا بعد 1530 ، مع كتاب « هرباروم ڤيفا ايقونة » (Herbarum vivae eicones) لـ اوتو برونفل (1489 – 1534) (Otto Brunfels) ، وهو كتاب تكثر فيه الصور البديعة ، والامينة الخالصة ، التي تعزى الى عبقرية هانز ويدز (Hans Weiditz) ؛ كمالٌ نجده عند فوز (هيستورياستيربيوم Historia Stirpium 1542 ، نيـو كـروتـربـوخ (1543, New Kreüterbuch) وايضاً عند الكتاب الكبار الاخرين امثال : غسنر (Gesner)، بوك (Bock)، ماتيولي (Mattioli)، لكلوز(L'Ecluse) ، او حتى عند دالشان (Dalechamps) ، الخ .

ولا يمكن لعصر النهضة الذي انجب دورر (Durer) وليونارد دافنشي ، وهما رساما للنباتات في زمنهما ، ان يعدم ما يعبر به عن نفسه هو ايضاً ، بوضوح .

وكذلك فن أو علم الوصف ، قد تثبت . ومرة واحدة بلغ كتاب امثال فالري كوردوس ، (Valerius Cordus), (1544-1515) ، او شارل لكلوز (Charles de l'Ecluse) (1526 - 1609) الذروة . وترك لنا كوردوس الذي توفي عن 29 سنة ، تاريخاً في النباتات ضم 500 نوعاً منها 66 جديداً . ودرست النباتات في أغلب الاحيان وهي حية في الطبيعة او مغروسة . وكان الوصف يستعمل فيه الافعال الناشطة (و. ت. ستيرن W.T.Stearn ,1966) ، وهي اي هذه الاوصاف تلفت النظر بما فيها من حيوية .

ومع فوز ودودن (Fuchs et Dodoens) دخلت المعجميات في كتب النباتات المنشورة . وبعد ذلك تطورت اللغة التقنية التي كانت حتى ذلك الحين بداية ، وذلك تمشياً مع الاحتياجات ومع تطور المعرفة لتصل مع جانغ (1678) الى مستوى أصبح أساسياً .

وكانت الغاية تعريف ماهية النباتات المعروفة وغيرها ثم وصفها ، بصرف النظر عن خصائصها ثم تصنيفها بحسب معايير موضوعية : هذا هو الامر الذي تم السعي اليه وفي هذا مظهر اصالة عصر النهضة . وكان هناك في اغلب الاحيان ، كما سنرى حركتان متمايزتان .

التصنيف ثم جردة النباتات والمغروسات ـ في القرن السادس عشر كانت العلوم الطبيعية ، وبصورة خاصة علم النبات محكومة بعبقرية قوية من نمط « العالم الموسوعي » الذي كان معروفاً في عصر النهضة ، وهو كونراد غسنر (Conrad Gesner) (1516 – 1565) من زوريخ . عرف هذا العالم باستكشاف جبال الالب وايطاليا وفرنسا . وراسل العديد من المراسلين ، من انكلترا حتى بولونيا ، وكانوا يرسلون له المواد . وعندما مات ، كان قد وصف ورسم له أو رسم بنفسه ، عن الحي أو عن الجامد ، العديد من مئات النباتات الجديدة وخاصة أغراس الجبال ارينجيوم ، رودودندرون)

(Eryngiun, Rhododendron). وكانت عنده الهامات حول مفاهيم النـوع والجنس. ونعرف عن طريق مراسلاته ، انه كان ينوي وضع أسس تصنيف طبيعي، وزعم انه قد وصل الى ذلك باستخدام صفاة الزهرة والثمرة . وبهذا الطموح ، لا من حيث هو كذلك بل من حيث ما فيه من عزم وتصميم ، وضـع غسنر (Gesner) أصـول علم النبات المنهجيـة الحديثـة . وهـذا الموقف سـوف يقفـه ايضـاً ف. كولونا (1616, F.Colonna) وكبار المصنفين في أواخر القرن السابع عشر . انما للاسف ، لم ينشر غسنر (Gesner) الا كتالوغاً نباتياً واحداً، (1542)، اما انتاجه الضخم في علم النبات ، والذي كان ملحقاً في كتابه تاريخ النباتات الشهير فقد بقي غير مكتمل وظل غير مطبوع حتى القرن الثامن عشر . ولا نعرف ما هو تأثيره في تعليمه وفي حياته لو انه اصدره في حياته .

واذا كان من غير الممكن ان نكتشف اية رغبة في تجميع الانواع لدى هذا او ذاك من معاصري غسنر أمثال أوتو برنفل (Otto Brunfels)وليونارد فوز (Leonhard Fuchs) (1501-1566) [1] فإنّ هذه الرغبة تبدو لدى شخص مثل جيروم بوك (تراغوس) ،(Tragus, Gerome Bock) (1498 – 1554) تلميذ فوز، او لدى رمبرت دودنRombert Dodoens (دودونوسDodonaeus، 1518 - 1585) . ولقد قويت هذه الرغبـة عند هـذا الأخير بـين كتابيـه ، كرودت بـوك - Crydt) (Boek لسنة 1554 ، وهو كتـاب في « الاعشاب » نشـر في اللغة الفلمنكيـة ، وترجمـه الى الفرنسيـة لاكلوز (L'Ecluse) (1557) ؛وستيربيوم هيستـوريا (Stirpuim historiae) (1583) .. وهـو كتاب ممتاز ، وحديث في كثير من نواحيه ، وفيه وزعت النباتات بحسب خصائصها ، ولكنها وردت في كل كتاب مصنفة بشكل يميل الى التنسيق : القرعيات ، الصليبيات ، الصيوانيات . وكان دودن قد نشأ في مالينز (Malines) ودرس في لوفان، وفي جامعات المانيا وايطاليا . وكان مواظباً ومساعداً لمختلف علماء النبات ، وخاصة ليكلوز (L'Eclusc) ولوبل . وبتحريض من كريستوف بلانتين Christophe) (Plantin وهو عالم بالطباعة ومحب لعلم النبات نشر دودن كتابه « الاعشاب ». وبعد 1552 ، بدت طبعـة كيبـر (Kyber)، لكتــاب ستيـربيــوم مـاكــزيم ايـروم (Stirpium, Maxime earum).. لـ ج .بوك(J.Bock)، المقدم له من قبل غسنر (Gesner) . بدا هذا الكتاب كفعل مرتجل وغير مؤكد لولادة المجموعات النباتية الاولى : الشفويات ، القطانيات النجيليات والصيوانيات . ولكن الحـركة كانت قد انطلقت : وسوف تنمو وتقوى بسرعة،وخاصة مع كتاب بيار بينا(Pierre Pena) وماتياس لوبل (Matthias de Lobel) او (لوبليوس Lobelius) : ستيربيوم ادفرساريا نوفـا -1570, Stir) (puim adversaria nova. وكانت المجموعـات الوحيـدة الفلقة والثنـائية الفلقـة ، والصليبيات ، والقرنفليات ، والشفويات ، والصيوانيات، والقطانيات ، قد اخذت خصائصها حقاً . وهي لم يرد اسمها فيه . ولكن فكرة البحث عن اوجه التشابه كأساس للتصنيف قـد توضحت تمـاماً . وفي سنـة 1576 اكمل لوبل (Lobel) هذا العمل بنشرة اكثر اهمية في كتاب اسمه : بـلانتاروم سو ستيربيوم

(1) كان فوز ، طبيبـاً في ميونـخ ثم انغولستـاد وفي توبنجن ، وقـد عرَّف بـاكثر من 500 نبتـة ، خاصـة طبية عـدد اسمها وشكلها ومكانها وطبعها وخصائصها. ولكنه ذكرها بعدم انتظام . وكانت كتبه الصغيرة سهلة التداول وقـد ساعـدت كثيراً على نشر حب علم النباتات .

هيستوريا، (Plantarum seu stirpium historia) ، مع 1486 صورة لم ينشر جزء كبير منها من قبل . واكمل كتابه ، بناء على تشجيع من كريستوف بلانتين (Christophe Plantin)، وفي سنة 1581 قدم عنه ترجمة مقرونة بفهرس من 7 لغات ، . وبمجموعة صور (البوم)مؤلّفة من 2491 صورة ، مع اشارة الى كل المندرجات السابقة حول مختلف الانواع . وكان في هذا اداة عمل سهلة جداً ، وكان ليني (Linné) يعود اليها غالباً .

وها نحن قد وصلنا الى سيزالبين (Césalpin): اندريا سيزالبينو (Andrea Cesalpino) أو كيزلبينو (Caesalpinus)، (1519-1603) ، وكتابه « في نباتات القرن السادس عشر (1583) : كتاب أخذ ضجة في عصره . وبعد سيزالبينو (Césalpino)، وتقليداً له ، بدأ عهد علم النباتات بوعي تام في الحركة الكبرى التي سوف تحدده كعلم خاص . ولاول مرة برز نظام مرتكز على تحليل كل أقسام النباتات ، وخاصة الزهرة والثمرة وبخاصة البذرة ، والدعوى التحليلية هي الدعوى التي تبناها تورنفور (Tournefort) بعد قرن من الزمن : فهو قد استند الى العدد ، والى موقع الاجزاء النسبي ، والى اشكالها وبصورة خاصة الى موقع منخفض المبيض بالنسبة الى بقية اجزاء الزهرة .

وان كان سيزالبينو (Césalpino) ارسطوياً متحمساً إلا أنه لم يضع تصنيفاً معرضاً عن الاستقراء وقد أسيء عموماً فهم المدى الحقيقي للمبادىء المسبقة بريم كام (Bremekamp) (1952) التي استند اليها . والواقع ليست هذه المبادىء مرشدا بقدر ما هي محاولة تبرير نظرية ولاحقة .

وقسمة النباتات الى ليفية خشبية من جهة والى عشبية من جهة أخرى كان ولا شك تنازلاً وميلاً الى تيوفراست . وهو اتجاه سار به الى حد ما بعض المؤلفين الحديثين . وكذلك ، ورغم الاهتمام بالبذرة ، لم يعرف سيزالبينو الفاصل الكبير بين وحيدة الفلقة ومزدوجة الفلقة . بل ركز على اهمية التصنيف الاسمي الذي أعطي للبنيات التناسلية . وهذا التركيز هو وليد تحليل عميق واعتراف بالمعنى الحقيقي للخصائص المدروسة ، اكثر مما هو ايمان بأفضلية وبسمو الوظيفة التناسلية . ورغم المبادىء الفلسفية المندثرة التي تمسك بها سيزالبينو ، فقد وضع أسس المنهجية التي تولاها من بعده تورنفور (Tournefort) وآ.ل. جوسيو (A.L.de Jussieu)، والتي تتطلب الاهتمام بالسمات والخصائص .

وقد أثبت فينس (Vines) وجود حركتين في علم النبات في القرن السادس عشر .الحركة التي تكلمنا عنها وفيها يوجد مصدر علمنا الحديث ، كما تكلم ايضاً عن حركة النباتيين والوصافين ، الذين قلما اهتموا بالبحث عن الاطر وعن الاسس ، بقدر ما اهتموا بالوظائف الآنية للوصف . وهذه الحركة كان لها ايضاً ممثلون عظام امثال برونفل Brunfels، فوز Fuchs وكورودس Cordus (اللذين سبق ذكرهما .

وأحد أكثر مشاهير الوصافين في تلك الحقبة كان شارل دي لاكلوز (Charles de L'Ecluse) أو كلوزيوس (Clusius ، 1526- 1609). ولد في اراس (Arras)، ودرس في مونبليه حيث اشتغل

سكرتيراً عند روندليه (Rondelet). واعتبر من بين أشهر النباتيين في تلك الحقبة، من تلاميذه: بوهن (Bauhin)، لوبل (Lobel)، بينا (Pena) الخ. وكانت مونبليه، لعدة قرون، ما كانته دائماً: مركزاً مهماً للبحوث في علم النبات. وقد اشتغل لاكلوز في النباتات، في أهم بلدان أوروبا، قبل أن يبدأ، في فينا، بادارة جنائن الامبراطور ماكسيميليان الثاني، ثم استاذاً في جامعة ليد (Leyde). وقد ترك عدداً كبيراً من المؤلفات وخاصة (تاريخ في النباتات النادرة 1601)، وفيه وصف ورسم حوالي 1585 نبتة. وصنف كشجر وشجيرات، ونباتات بصلية ذات روائح جيدة او فاسدة أو بدون رائحة، أو نباتات سامة او مخدرة او حريفة حادة، كما صنف ضمن فئات حليبية أو صيوانية، أو سرخسية أو نجيلية او قرنية. واذا كان تصنيف شارل لاكلوز (Ch.de L'Ecluse) ناقصاً كثيراً، فان اوصافه العلمية جداً، تدل على فكر مراقب ومطلع وأصيل. واليه يعود الفضل في وصف عدد من الفطر صنفه كصالح للاكل، وكضار، او مقفر للدم.

وكان واحداً من الاوائل الذين غرسوا ودرسوا حبيبات البطاطة التي استوردت من الطرف الشمالي للاندلس حيث اكتشفت من قبل الاوروبيين سنة 1537 ووصلت الى اوروبا قبل 1570. واعتبرت هذه النبتة ومثلث، لاول مرة في اوروبا، في مؤلفات ج. بوهين (1596, G.Bauhin) وجان جيرار (1597, J.Gerard).

وفي ذات الوقت تقريباً ترك شخصان من بال، هما ابنا طبيب أميان، الاخوان بوهين: جان (Jean Bauhin) (1541-1612)، وغسبار Gaspard (1550-1634)، مؤلفاً مهماً. واصبح جان، وكان معلمه فوز (L.Fuchs)، طبيب دوق ورتمبرغ (Wurtemberg). ومكث في مونبليار، وجمع عناصر كتابين نشرا بعد موته: هيستوريا بلانتارم برودرومو Historia plantarum) (1619) (prodromus، وهيستوريا اينفرساليس بلانتارم (Historia universalis plantarum) (1650-1661). وكان هذا الكتاب الأخير يقسم الى 40 بحثاً. وقد زين بـ3426 صورة اخذت جزئياً من فوز (Fuchs) وتعطي وصفاً لـ5226 نبتة. والحق يقال انه مجموعة ضخمة تضمنت كل ما كتب حول النباتات منذ العصور القديمة. وقد تراسل جان بوهين (J.Bauhin) مع أغلب النباتيين في عصره. ونشر سنة 1594 الرسائل التي تبادلها مع غسنر (Gesner).

أما بحث غسبار بوهين (Gaspard Bauhin) فكان اكثر أهمية. فقد سبق له في كتابه فيتوبيناكس (Phytopinax – 1596) أن عرف بـ2700 صنف مع تفرعاتها. ومنها البطاطا التي وصفها حقاً بالاسم الذي احتفظت به فيما بعد. ولكن كتابه بيناكس تياتري بوتانيسي Pinax theatri botanici (1623) هو الذي كرس مجده. انه عمل تشريعي كان له تأثير كبير على تورنفور (Tournefort) وعلى ليني (Linné). وهو قد أبرز اهتماماً بالمعرفة وخاصة بالتوضيح وهما أمران غير معروفين حتى ذلك الحين. كان بوهين يعين كل نبتة، وقد تعرف على 6000 منها، باسم لاتيني ملائم لما اصبح، بعد 70 سنة من تاريخه، « النوع »، والحقه بنعتين أو ثلاثة نعوت تدل على الجنس: انها مسودة المصطلحية الثنائية التي فرضها فيما بعد ليني. فضلاً عن ذلك، كان يذكر لكل جنس الاسماء التي أعطيت له

سابقاً . والظل الوحيد المخيم على هذه الميزات ، هو ان تصنيفه لم يدل ، وهذا اقل ما يمكن ان يقال، على اي تقدم يميزه عن تصنيف سيزالبينو ، الذي سبقه بحوالي نصف قرن .

ويمكن أن نذكر أيضاً من بين المؤلفين الفرنسيين ، ريشر دي بلفال Richer de Belleval (1632-1564) وجان دالشان (1588-1513، J. Dalechamps) وجان رويل (Jean Ruel) (1537-1479)الخ . وكان الأول قد حفر على النحاس أكثر من 500لوحة تمثل نباتات بيرنيه والالب والسيفن . وكثير منها كان جديداً. وللاسف لم تسحب هذه اللوحات ؛ والبعض منها استخدمها جيلبرت (Gilibert) في « استعراضاته » النباتية (1789). كان دالشان (Dalechamps) معلقاً ومفسراً لبلين وطبيباً في ليون فاستطاع ان يستغرس في منطقة غنية جداً بالنباتات . وامر بحفر رسوم الاغراس التي تلقاها من لوبل ولاكلوز الخ ، ونشر مع ديمولين (Desmoulins)، سنة (1587) « تاريخاً عاماً للنباتات » وفيه 2731 رسمة على خشب ، ويدل الاضطراب على مقدار الحاجة الى التصنيف. فضلاً عن ذلك قد يظهر نفس النوع في نوعين او ثلاثة أنواع مختلفة . ونشر رويل (Ruel)، وهو عميد كلية الطب في باريس، سنة (1536) « دي ناتوراستيربيوم » (Natura stirpium) وهو مرجع بحق للمعارف النباتية في زمنه .

نشير ايضاً الى بعض المؤلفات ذات الاهمية الاقل . المجموعة الكبيرة لـ اوليس الدروفاندي (Ulisse Aldrovandi) وهي تتضمن بصورة خاصة « علم الأشجار ». ونشر ج . دوشول (J.Duchoul) وآدم لونيسر (Adam Ionicer) بعض المعالجات الاصيلة جزئياً . ووصف الالماني ت . تابرناموتانوس (Th. Tabernaemontanus) (برغزابرن) (Bergzabern)، تلميذ بوك (Bock)، سنة (1590) في كتابه « صور نباتية » ، (5800) نوعاً مقروناً بـ2480 رسمة نقلها عن مراجع مختلفة لم يذكرها . وقد أعيد طبع هذا الكتاب سنة 1687 فساعد على تقدم علم النبات . وكان لا بد من انتظار القرن 17، حتى اخذت تظهر نماذج مرتبة بكل النباتات في بلد معين . وبالنسبة الى الحقبة التي تعنينا ، وعدا عن اعمال النباتيين المستكشفين الذين سنذكرهم فيما بعد ، لم تكن قد صدرت الا نشرات قليلة تستحق اسم « عالم النباتات ». وقد سبق ان ذكرنا كتب فوز (Fuchs) وغسنر . نذكر ايضاً ان غسنر أصدر سنة 1561 دراسة ارثية لـ ف .كوردوس (V.Cordus) (بعد موته) مخصصة بنباتات ايطاليا . وكانت الصور جميلة ، ولكنها كانت صغيرة ومرتبة بدون اية منهجية . وبدأ ش . لاكلوز (Ch. L'Ecluse) بدراسة نباتات اسبانيا والنمسا . واعطى تاليوس (Thalius) سنة 1588، مجموعة نموذجية بنباتات غابات تورنج . ونشير أيضاً الى أن فر .كالزولاري (Fr.Calzolari) وج . ف . بونا (J.F. Pona) درسا نباتات مونتي بالدو الخ .

بنية النباتات ووظائفها ـ اذا لم يكن بالامكان الكلام ، في هذه الحقبة ، عن تشريح نباتي وعن علم وظائف النباتات ، فان ملاحظات سيزالبينو (Césalpino) تستحق اشارة خاصة . فهو يرى ، كما ذكر في مطلع كتابه « دي بلانتي ليبري 16 »(1583) انه يمكن رد مبدأ حياةالنباتات الى ثلاث وظائف: الغذاء والنمو والتوالد . الا ان النباتات ليس لها مثل الحيوانات ملكة الاحساس والحركة ؛ فان تنظيمها وان شابه تنظيم الحيوانات ، فانه لا يستدعي الا اجهزة اقل تعقيداً . ثم انه يعتقد ان النباتات

لها روح موقعها في اللباب ، في نقطة التقاء الساق والجذر اي عند الرقبة التي يعتبرها بمثابة قلب النبتة . من هذه النقطة الاساسية تنطلق من جهة ، نحو الاسفل ، الجذور التي لها دور الفم لدى الحيوانات ، او بالاحرى لها دور المعدة الحقة ، تمتص وتهضم العصارة الغذائية . ومن جهة اخرى ، ونحو الاعلى ، ينطلق الجذع المنتهي بالازهار التي تحيط اجزاؤ ها بالثمرة ، كما تحيط الاغشية عند الحيوانات بالجنين .

واذن فالنباتات تشبه الحيوانات التي رأسها الى اسفل. وكما هو الحال، بالنسبة الى الحيوانات، فان النسغ يرتفع عبر الجذور، ثم عبر الجذع ، لكي يرتد الى الرقبة من الاوراق ، تماماً ، كما هو الحال عند الحيوانات ، حين ينطلق الدم في الشرايين ثم يعود اليه عبر الاوردة. وقد لاحظ سيزالبينو (Cesalpino) ان هذه المنطقة المميزة ، وهي العنق او الرقبة ، تتوافق مع نقطة سماها « كوركولم » واقعة فوق او تحت البذور .

وعقب هذه الحقبة وصف ف. كوردوس (V.Cordus) (الذي اكتشف الدرنات البكتيرية للجذور) وغارسيا دا اورتا (Garcia da Orta)، حركات الأوراق، لدى القرنيات وحاولا تفسيرها .

الجنس - اشار ج. بونتانوس (J.Pontanus) سنة 1505 الى وجود نخل « بلح » من جنسين مختلفين . ولكن كاتباً فارسياً القزويني اشار منذ القرن 14 ، الى هذه الواقعة ، بكلمات واضحة جداً وتستحق الذكر : « ان النخلة تشبه الانسان تماماً . . . من حيث قسمتها الى جنسين متمايزين : ذكر وأنثى ، ومن حيث خصوصيتها انها تخصب بنوع من الجماع » .

وفي سنة 1592، حقق ب. آلبينو (P.Alpino) على النخيل ، أول تجارب الاخصاب الاصطناعي ، وهي عملية عرفها البابليون من قبل . وبذات السنة اكّد آ. زالوزانسكي (A.Zaluzansky)، بناء على افكار بلين (Pline)، ان كل النباتات تحمل اعضاء ذكورة او أنوثة ، مرة مجتمعة ، ومرة منفصلة ، وفوق سُوق مختلفة . ولاحظ سيزالبينو ايضاً ، في حشيشة الزئبق أو الحربق أو الحلبوب أو القنب ، وجود نوعين من السيقان ، بعضها عقيم اجدب ، وبعضها مخصب ، وذلك عند وجودها في جوار البعض العقيم ، حيث يفترض ان يأتيها « دفق » من شأنه اخصابها .

ومن جهته وصف ج. مانـاردي (G.Manardi) ما وصفه ليني بالمثبر وقام ف. كوردوس (V.Cordus) بمراقبة تناسل السرخسيات .

النبات الطبي - ان الاهتمام الموجه ، منذ نهاية القرون الوسطى ، نحو دراسة كتب علماء الطبيعيات من الاقدمين يتأتى بصورة اساسية من أن هذه النصوص تشير الى لخصائص الطبية للنباتات . وغالبية علماء النبات القدامى كانوا بالواقع اطباء وصيادلة ويهتمون قبل كل شيء « بخصائص البسائط »: (الأعشاب الطبية) .

وطوّر باراسلس النظرية الغريبة « سينياتور بلانتارم » وبموجبها هناك تشابه في الشكل بين مظهر اعضاء النبات والامراض التي يفترض بها ان تشفيها . مثلاً أن بقلة الخطاطيف، (خشخاشية) ذات

« الدم » الاصفر تشفي من مرض الريقان . اما الليلك ذو الاوراق القلبية الشكل فيشفي من أمراض القلب . اما « ذات الرئة » واسمها مشتق بالضبط من لون صفيحة اوراقها ، الذي يذكر عموماً بجيوب الرئة ، فهي توصف ضد امراض الصدر .

وكان احد الذين ساهموا اكثر في نشر هذه العقيدة هو جيام باتيستا دلا بورتا (Giam - Bat-tista della Porta)، (1535 ? — 1615) الذي عمل في كتابه « فيتوغنومونيكا » (1588) من اجل البحث ومن اجل تصوير هذه المماثلات العرضية بين الاوراق والقمر (صورة 14)، وبين الجذور والشَعْر ، كما هو الحال في « كزبرة البير الشعرية » : أو أيضاً مشابهة بعض الزهور مع الحشرات أو مع الفراشات .

ولكن هذه الاراء سرعان ما حوربت ، وخاصة من قبل آ. فان در سبيغل ، (A.Van der spiegel) بعيد 1606 . ورغم ذلك ظلت مقبولة لمدة طويلة . وقد صدر العديد من النشرات « تراكتاتوس دو سيغناتوروس » (Tractatus de signaturis)، حتى القرن الثامن عشر ، بشأنها .

وعالج العديد من المؤلفات الاخرى موضوع شفاء الامراض بالاعشاب . ونشرت مجموعات وسيطية : « ليبر باندكتاروم ميدينسينا » لـ م. سيلفاتيكوس (M.Sylvaticus) (1474)، « ليبر دي سامبليسي مدسينا » لـ م. بلاتاريوس (M.Platearius) (1497)، « ليبر آغرغاتوس ان مديسينس . . » لـ ج. سيرابيون (J.Serapion) (1473). ومن بين المعالجات « الحديثة » نذكر « الفحص الطبي البسيط » للايطالي برازافولا (Brasavola) (1536) وكتاب جاك دوبوا (Jacques Dubois) (سيلفيوس) حول تحضير « الادوية البسيطة » (1542) ثم « البسائط » لـ آنغيارا (1561) ، ثم كتاب ر. كونستانتان (R.Constantin) حول الصيدلة البروفنسية (1597) . وفي المانيا ، وفيما كان اوروسيوس كوردوس (Euricius Cordus) يعرض افكاره حول مرادفات النباتات (بوتانولوجيكون) (1534) كان ابنه فالري كوردوس (Valerius) يضع دراسة مهمة حول نباتات المانيا وايطاليا ، ارفقها بتعليقاته حول ديوسكوريد ، ونشرها له غسنر سنة (1561) وكتاباً « الضروري في علم الصيدلة » (1546) والذي ترجم الى الفرنسية سنة 1578 في ليون تحت عنوان « مرشد الصيادلة » .

الجنائن النباتية وعلم الزراعة ـ شجع نشر العديد من الكتب حول التداوي بالاعشاب (Hortus Sanitatis) في تلك الحقبة على الزراعة المنهجية للاعشاب الطبية في الاديرة والمدن الجامعية . وكان الغرض من هذا ابراز النباتات امام الطلاب ثم درس خصائصها . هكذا انطلقت الجنائن النباتية الاولى التي انشئت في ايطاليا الشمالية ، وهي منطقة ذات طبيعة ملائمة بصورة خاصة . وكان من أقدم هذه الجنائن البستان الذي أسسه لوقا غيني (Luca Ghini) في بيزا سنة (1543). وبعد ذلك بقليل ، تأسس بستان آخر في بادو من قبل بونافيد (Buonafede)، وكان اول مدبر له اوستانسور سمبليسيوم (Ostensor simplicium)، لوجي آنغيارا (Luigi Anguillara). وتأسس بستان آخر في فلورنسا حوالي 1550 . وسارت هولندا على هذا الطريق : ان بستان علم

النبات في ليد يعود الى (1587). وفي المانيا انشىء بستان ليبزيغ (Leipzig) سنة (1580). وفي باريس أقام ن. هويل (N.Houel) « بستان الصيادلة » سنة (1576) وأسس ر. بيلفال (R.de Belleval) البستان العلمي في مونبليه سنة (1598).

وبعد 1533 أصدر الطبيب الانساني المشهور، في ليون، س. شامبيه (S.Champier) كتاباً هورتوس غاليكوس (Hortus gallicus) و« كامبوس اليزوس غاليا » (Campus elyseus galliae). ونشر شارل اتيان (Charles Estienne)، ابن الناشر الشهير هنري اتيان (Henri Estienne) عدة كتب عن البستنة جعلت منه طليعة من الطلائع التي سبقت اوليفيه دي سر(Olivier de Serres).

وتعاون مع صهره ليبولت (Liébault) في « الزراعة والبيت الريفي » (1564). وبعد 1540 أقام پ. بيلون (P.Belon) في توڤوا، في السارت، « مغرساً » ذكره رابليه (Rabelais) الذي اهتم كثيراً بتدجين النباتات. ومن بين اوائل المهندسين الزراعيين الفرنسيين نذكر أيضاً دافي دي بروسار (Davy de Brossard)، وميزولد ولوندريك (Mizauld et Londric).

ونشر الالماني يواكيم كاميراريوس (Joachim Camerarius)، سنة (1588)، فهرساً بالنباتات التي غرسها في جنينته في نورنبورغ. ومن بين رسومه الممتازة، نذكر رسمات استنبات النخل البلح، والأغاف (Agave) الاميركي. وتجدر الاشارة أيضاً الى المؤلف الوحيد المتعلق بتسجيل الصور والرسوم، الذي وضعه ب. بسلر (B.Besler)، المكلف بالاشراف على جنينة سان ـ وايلدبالد. ويتضمن الفهرس الذي نشره، والذي يعود الفضل فيه، في معظمه الى ل. جنجرمان (L.Jungermann)، وصفاً لكل النباتات المغروسة، والمرتبة بحسب انتظام تفتيحها وتزهيرها، قام به ستة رسامين حفارين مختلفين بواسطة لوحات نحاسية رقيقة جداً وملونة تلويناً مدهشاً باليد.

نشر العالم النباتي الانكليزي وليم ترنر(William Turner)، في لندن، وضمن ثلاثة أقسام (1568,1562, 1551) كتابه « نيوهربال » (New herball). وفيه شدد على الصفة التفاضلية في الانواع التي رتبت بحسب الترتيب الابجدي لاسمائها اللاتينية. وكان الانكليز يهتمون دائماً وكثيراً بفن التفسيل.. ووصف جون باركينسون (John Parkinson)، في سنة (1629)، في كتابه « جنائن العمق وجنائن الارض » (بارادیزي ان صول بارادیزوس ترمستري) (Paradisi in sole, Paradisus terrestris) اكثر من 7000 غرسة، تستطيع العيش في مناخ الجزر البريطانية. ويتم التصنيف، المختلف والمتنافر، مرة على أساس الخصائص الطبية للاغراس، ومرة على اساس موطنها. ويمتاز هذا الكتاب بانه يشير ويرسم اهم انواع الاغراس المستفسلة والمزروعة يومئذ؛ نشير اخيراً الى ان جون جيرار (John Gerard) انشأ، في هولبورن، قرن لندن، سنة (1595– 1596) جنينة نباتية شخصية نشر عنها بياناً مفهرساً بعد (1596 – 1599).

اوائل النباتيين المسافرين ـ أدى اكتشاف اميركا من قبل كريستوف كولومب، سنة (1492)، واكتشاف رأس الرجاء الصالح، وطريق الهند الشرقية البحرية من قبل فاسكو دي غاما سنة

(1497) ، الى افتتاح عهد المسافرين النباتيين . تنظر الآن الى اعمال هؤلاء الحجاج النباتيين الذين لم يترددوا رغم المصاعب والاخطار ، ورغم بطء الاسفار في تلك الحقبة ، مدفوعين بحب المغامرة وبالرغبة في الاكتشاف ، في اجتياز البحار ، وقطع الجبال ، والغوص في الغابات البكر ، لكي يعرفونا بنباتات مجهولة تماماً حتى ذلك الحين .

في المقام الأول بينهم يقف بيار بيلون (Pierre Belon) (1517-1564)وأصله من السارت، وهو تلميذ ف. كوردوس في وتنبرغ(V. Cordus). وكان تحت حماية الكردينال دي تورنون (Tournon) ، وذهب الى الشرق وزار ، من سنة 1546 الى 1549 اليونان وتركيا ، وآسيا الصغرى ، وجزر البحر المتوسط ومصر وفلسطين . ونشر سنة (1553)، حكاية عدة غرائب لاحظها في هذه البلاد . وقد اعيد طبع كتابه سنة 1588 ، مع صور جيدة محفورة على خشب ، وترجم الى اللاتينية من قبل شارل لاكلوز (Ch.d'Ecluse). وفيه يجري لاول مرة وصف نباتات من الشرق (كما يدل على ذلك اسمها الخاص : بلاتانوس اوريانتاليس (Platanus orientalis)، كوكاليس اوريانتاليس (Caucalis orientalis)، الخ). ولكن پ. بيلون (P.Belon) اهتم بالاستعمال العملي لهذه النباتات ، اكثر من اهتمامه بوصفها العلمي السليم .

وقدم اندريه تيفت (André Thévet) في كتابه « كوسموغرافيا الشرق » (Cosmographie du Levant)، في سنة (1554)، قصة رحلة الى فلسطين والى آسيا الصغرى . وحملته رحلة الى اميركا الجنوبية الى نشر « غرائب فرنسا القطب الجنوبي » (1558) . وكان فكراً منفتحاً ، انما قليل الانتظام ، فجمع بدون روح نقدية كبيرة كل ما عثر عليه : أسلحة ، خزفيات ، نباتات ، حيوانات أو معادن .

وتقاسم مع جان نيكوت (Jean Nicot) (1530؟ - 1600) الذي كان سفيراً في لشبونه (حيث كان التبغ منتشراً جداً) ومع الايطالي ج. بانزوني (G.Banzoni) الذي كان يقيم في اميركا سنة 1541 الى 1560 فضل التعريف بالبتون (Petun) أو التبغ ، وهي نبتة جديدة سميت لهذا السبب « نيكوتيان » .

وذهب الالماني لـ . راوولف (L.Rauwolff) سنة 1573 ، الى الشرق وزار بلدان الشرق ، مرسلاً للبحث عن الادوية والعقاقير . وظهرت اول طبعة عن تقريره حول رحلته سنة 1583 . وقد استعمل كتابه « النباتي » سنة 1755، من قبل غرونوفيوس ، عندما نشر كتابه « فلورا اوريانتاليس » (Flora orientalis)، حيث ورد ذكر لاستعمال البن وعرّف الايطالي ـ بروسبيرو البينو (Prospero Alpino) ـ وكان رجلاً عسكرياً وطبيباً ثم استاذاً في بادو ، سنة 1592، بحوالي خمسين نبتة جديدة من مصر مثل الليسيوم (Lycium)، واكاسيا السنغال ، و شجرة البن[1] الخ . ووصف ايضاً نبتات متنوعة من جزيرة كريت ، في كتاب له نشر بعد وفاته ، من قبل ابنه سنة (1627). وزار

(1) لقد ذكر راولف (1581) البن. اما اول وصف اقتصر على الاثمر فقد قدمه ش. دي لاكلوز (1574)مسندا لمرجع في ايطاليا .

م . غيلاندينو (M.Guilandino) (= ويلند) (Wieland) سوريا ومصر . ونحن مدينون له ببحوث حول اوراق البردى ـ بابيروس بلين ـ (Papyrus de Pline) وحول مرادفات الكلمات بين القدماء والمحدثين .

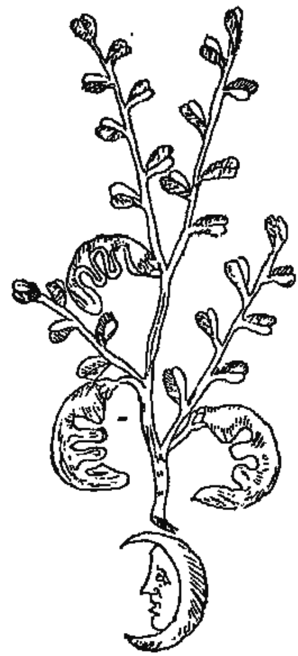
وقبل اكتشاف اميركا بأربعين سنة زار البحار البندقي كادا موستو (Ca da Mosto) جزر الكناري ومادير والشواطىء الغربية من افريقيا ، حيث اكتشف ، بعد 1455 ، شجرة الباوباب (Baobab) (التي سوف يعود الى اكتشافها من جديد آدنسون) (Adanson) وكذلك « دراكانا دراكو » (Dracaena Draco) . ونشر هرنانديز دي اوفيدو اي فالديز (Hernandez de Ovicdo y Valdès)، القيم على العالم الجديد من سنة 1525 الى 1535«تاريخ الإندياس العام والطبيعي» (Historia general y natural de las Indias) وفيه ذكر شجرة الجوافة والأفوكاتو. ونشر العالم لوبز دي غومارا، (Lopez de Gomara)، المبشر الكناري الاصل ، في سنة 1552 ، « تاريخاً جديداً » وفيه يوجد، لاول مرة ، ذكر لشجرة الكاكاو ولمختلف النباتات المهمة في المكسيك . ورافق الفرنسي جان دي لري (Jean de Léri) (1534 — 1611) الشفاليه دي فيلغنون-Chevalier Ville) (gaignon في رحلته الى البرازيل ورسم تاريخها سنة (1598) في كتاب نجد فيه بعض المعلومات عن الاشجار والاعشاب والجذور والاثمار الشهية ». وذهب مارتن دل باركو (Martin del Barco) الى باراغوي سنة 1573 وفيها لاحظ «الحساس» (المستحية) زهرة الآلام. ونشر ن. موناردس (N.Monardes) في اشبيلية ، من 1565 الى 1574 دراسة مهمة حول النباتات في « الهند الغربية » . وقدم شارل دي لاكلوز (Ch.de L'Ecluse) عنها ، في سنة (1574) نسخة لاتينية ترجمها آكولن (A.Colin) الى الفرنسية سنة (1602)[1].

وتضمنت قصة رحلة الهولندي لنشوتن (Linschootten) الى الهند الشرقية والى الاقيانوس الهندي ، والمنشورة في لاهاي سنة 1599 وصف شجرة المانغا و« عشبة زينب » او المسك الرومي . . ونشر البرتغالي غارسيا دي اورتا ـ (Garcia da Orta) وقد كلف ، سنة 1534 ، كطبيب أول لمرافقه كونت دي رودوندو (Redondo) ، نائب الملك في الهند ـ في غورا كولوكيوس دوس سامبل ي دروغاس . . » (Coloquios dos simples, e drogas) (1563) والذي ترجم الى اللاتينية والفرنسية . ونشر كريستوفال آكوستا (Christoval Acosta) وهو يسوعي برتغالي اقام طويلاً في « الهند الشرقية » كتاباً اسمه ايضاً « الادوية = Drogas » سنة 1578 معتمداً كثيراً على غارسيا دا اورتا (Garcia da Orta) .

اما الكتب التي صدرت في اواخر القرن 16 مثل « هورتوس ماديكوس » (Hortus medicus) ل.ج. كاميراريوس (J.Camerarius) (1588) وبصورة خاصة « فيتوبازانوس » (Phytobasanos) لـ فابيوكولونا (Fabio Colonna) (1592) فتدل من حيث نوعيتها على انغماسها

(1) راجع ايضاً في القسم الرابع، الفصل عن « العلم في اميركا المستعمرة ».

في الوصف وفي التصوير ، وهذا ساعد على التقدم في معرفة 'لنباتات بالنسبة الى القرن الماضي. وهذا ما لم ينفك تورنفور (Tournefort)، بعد قرن من الزمن من المطالبة به تمثل معلميه : غسنر وسيزالبينو وكولونا (Gesner, Cesalpino, Colonna) [1] .



صورة 14 ـ تشابه شكل أوراق نبتة « البوتريكيوم لوناريا » مع شكل الهلال (عن ج. ب دلا بورتا) مينتو غنو مومينكا .

(1) نحن نشكر م.ج.ج هيمار دنكر الذي اعاد قراءة مسوداتنا واقترح علينا ادخال بعض التحسينات بخصوص النباتيين الرحالة .

مراجع القسم الأول

التاريخ العام

Histoire générale : On trouvera un exposé d'ensemble des événements au cours de cette période dans *Les débuts de l'âge moderne* (H. Hauser et A. Renaudet, 3e éd., Paris, 1946), *La prépondérance espagnole (1559-1660)* (H. Hauser, 3e éd., Paris, 1948) et dans les volumes 3 et 4 de l'*Histoire générale des Civilisations : Le Moyen Age* (E. Perroy, 5e éd., Paris, 1967), *Les XVIe et XVIIe siècles* (R. Mousnier, 5e éd., Paris, 1967). Des bibliographies détaillées sont données par la collection « Clio » : t. V, *L'élaboration du monde moderne* (J. Calmette, 3e éd., Paris, 1949), et t. VI, *Le XVIe siècle* (H. Sée, A. Rebillon et E. Préclin, Paris, 1950). Voir également L. Febvre, *Le problème de l'incroyance au XVIe siècle : la religion de Rabelais*, Paris, 1947 ; E. Garin, *Il Rinascimento. Significato e limiti*, Florence, 1953 ; J. W. Thomson et divers, *The civilization of the Renaissance*, University of Chicago Press, 1929 ; L. Febvre et H.-J. Martin, *L'apparition du livre*, Paris, 1958,

مرجعية إجمالية

Bibliographie d'ensemble : G. Sarton, *Horus, a guide to the history of science and civilization* (Waltham, Mass., 1952) ; F. Russo, *Histoire des sciences et des techniques. Bibliographie*, 2e éd., Paris, 1969 ; W. P. D. Wightman, *Science and the Renaissance. An annotated bibliography...*, 2 vol., Edimbourg-Londres, 1962 ; J. C. Poggendorff, *Biographisch-literarisches Handwörterbuch*, 2 vol., Leipzig, 1863 ; les bibliographies périodiques publiées par le *Bulletin signalétique du C.N.R.S.* et la revue *Isis* ; enfin les comptes rendus d'ouvrages publiés par les principales revues d'histoire des sciences.

دراسات تختص بمجمل العلوم

Études touchant à l'ensemble des sciences : M. Clagett, ed., *Critical Problems in the History of Science*, Madison, 1959 ; A. C. Crombie, *Histoire des sciences de saint Augustin à Galilée*, 2 vol., Paris, 1959 ; Id., ed., *Scientific change*, London, 1963 ; A. C. Klebs, Incunabula scientifica et medica (*Osiris*, t. 4, 1938, pp. 1-359) ; L. Thorndike, *Science and thought in the fifteenth century*, New York, 1929 ; Id., *History of magic and experimental sciences*, vol. 4-6, New York, 1934-1941 ; A. Mieli, R. Papp et J. Babini, *Panorama general de historia de la ciencia*, vol. 3-6, Buenos Aires, 1950-1952 ; A. Wolf, *A history of science, technology and philosophy in the XVIth and XVIIth centuries*, 2e éd., Londres, 1950 ; A. R. Hall, *The scientific revolution, 1500-1800*, Londres, 1954 ; G. Sarton, *The appreciation of ancient and medieval science during the Renaissance*, Univ. of Pennsylvania Press, 1955 ; Id., *Six Wings, men of science in the Renaissance*, Indiana Univ. Press, 1957 ; Divers, *La science au XVIe siècle*, Paris, 1960 ; M. Boas, *The Scientific Renaissance, 1450-1630*, Londres, 1962 ; R. M. Palter, ed., *Toward Modern Science : II. Studies in Renaissance Science*, New York, 1961 ; M. Daumas, éd., *Histoire de la science*, Paris, 1957 ; A. Koyré, *Études d'histoire de la pensée scientifique*, Paris, 1966 ; St. d'Irsay, *Histoire des Universités*, Paris, 1935 ; R. W. T. Gunther, *Early science in Oxford*, 14 vol., Oxford, 1920-1945 ; A. Lefranc, *Histoire du Collège de France*, Paris, 1893 ; *Le Collège de France (1530-1930)*, Paris, 1932 ; F. A. Yates, *The French academies of the XVIth century*, Londres, 1947 ; P. A. Cap, *La science et les savants au XVIe siècle*, Tours, 1867 ; A. M. Schmidt, *La poésie scientifique en France au XVIe siècle*, Paris, 1938 ; Divers, *Le Soleil à la Renaissance ; sciences et mythes*, Paris, 1964 ; P.-H. Michel, *La cosmologie de Giordano Bruno*, Paris, 1962 ; B. Gille, *Les ingénieurs de la Renaissance*, Paris, 1964 ; M. Daumas, éd., *Histoire générale des techniques*, t. II : *Les premières étapes du machinisme*, Paris, 1965.

الرياضيات

Mathématiques : Les anciens ouvrages de A. G. Kästner, *Geschichte der Mathematik*, 4 vol., Göttingen, 1796-1800, de J.-F. Montucla, *Histoire des mathématiques*, 2e éd., 4 vol., Paris, 1799-1802, et de M. Chasles, *Aperçu historique sur le développement des méthodes en géométrie*, 2e éd., Paris, 1875, sont encore très utiles. Parmi les ouvrages plus récents : M. Cantor, *Vorlesungen über die Geschichte der Mathematik*, vol. 2, 3e éd., Leipzig, 1907, est toujours indispensable. Voir également : P. Boutroux, *Principes de l'analyse mathématique*, 2 vol., Paris, 1914-1919 ; D. E. Smith, *History of mathematics*, 2 vol., Boston, 1927-1930 ; G. Loria, *Storia delle matematiche*, 2e éd., Milan, 1950 ; O. Becker et J. E. Hofmann, *Geschichte der Mathematik*, Bonn, 1951 (trad. fr., Paris, 1956) ; J. E. Hofmann, *Geschichte der Mathematik*, erster Teil, 2. Auflage, Berlin, 1963 ; N. Bourbaki, *Éléments d'histoire des mathématiques*, 2e éd., Paris, 1969 ; P. Dedron et J. Itard, *Mathématiques et mathématiciens*, Paris, 1959 ; H. G. Zeuthen, *Geschichte der Mathematik im XVI. und XVII. Jahrhundert*, Leipzig, 1903 ; J. Tropfke, *Geschichte der Elementarmathematik*, vol. 1-4, 3e éd., Berlin, 1930-1939 ; vol. 5-7, 2e éd., Berlin, 1921-1924 ; A. von Braunmühl, *Vorlesungen über die Geschichte der Trigonometrie*, Leipzig, 1900-1903 ; F. Cajori, *History of mathematical notations*, 2 vol., Chicago, 1928 ; J. L. Coolidge, *The mathematics of great amateurs*, Oxford, 1944 ; E. Bortolotti, *Studi sulla storia delle matematiche in Italia*, 2 vol., Bologne, 1928-1944 ; D. E. Smith, *Rara arithmetica*, Boston, 1908-1939 ; H. Morley, *The life of Girolamo Cardano*, 2 vol., London, 1854 ; O. Ore, *Cardano the gambling Scholar...*, Princeton, 1953 ; E. Panofsky, *Albrecht Dürer*, 2e éd., Princeton, 1945 ; S. Stevin, *The principal works*, 5 vol. en 6 tomes, Amsterdam, 1955-1966.

علم الفلك

Astronomie : J.-B. Delambre, *Histoire de l'astronomie au Moyen Age*, Paris, 1819 ; Id., *Histoire de l'astronomie moderne*, 2 vol., Paris, 1821 ; J. Bertrand, *Les fondateurs de l'astronomie moderne*, 5e éd., Paris, 1874 ; J. L. Dreyer, *Tycho Brahé*, Edimbourg, 1890 ; Id., *History of astronomy from Thales to Kepler*, 2e éd., New York, 1954 ; Id., ed., *Tychonis Brahe Opera Omnia*, 15 vol., Copenhague, 1913-1929 ; F. R. Johnson, *Astronomical Thought in Renaissance England*, Baltimore, 1937 ; E. Zinner, *Entstehung und Ausbreitung der Coppernicanischen Lehre*, Erlangen, 1943 ; A. Koyré, *Copernic. Des révolutions des orbes célestes* (trad. franç. et commentaire du livre I du *De Revolutionibus*), Paris, 1934 ; Id., *From the closed world to the infinite Universe*, Baltimore, 1957 (tr. *Du monde clos à l'univers infini*, Paris, 1962) ; E. Rosen, *Three Copernican Treatises*, 2e éd., New York, 1959 ; A. Pannekoek, *A History of Astronomy*, Londres, 1961 ; K. H. Burmeister, *Georg Joachim Rhetikus*, 2 vol., Wiesbaden, 1967-1968.

فيزياء وميكانيك

Physique et mécanique : Les anciens ouvrages de J. C. Poggendorff, *Geschichte der Physik*, Leipzig, 1879 (trad. fr., Paris, 1883), de F. Rosenberger, *Geschichte der Physik*, 3 vol., Braunschweig, 1882-1890, de K. Lasswitz, *Geschichte der Atomistik*, 2 vol., Leipzig, 1890, et de E. Gerland et F. Traumüller, *Geschichte der physikalischen Experimentierkunst*, Leipzig, 1899, sont encore à consulter. Parmi les plus récents : E. Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, 7e éd., Leipzig, 1912 (trad. fr., Paris, 1904) ; P. Duhem, *Les origines de la statique*, 2 vol., Paris, 1907 ; Id., *Le mouvement absolu et le mouvement relatif*, Montligeon, 1907 ; Id., *Études sur Léonard de Vinci*, 3 vol., Paris, 1906-1913 ; Id., *Le système du monde*, t. X, Paris, 1959 ; E. Jouguet, *Lectures de mécanique*, 2 vol., Paris, 1924 ; L. Olschki, *Geschichte der neusprachlichen wissenschaftlichen Litteratur*, 3 vol., Halle, 1919-1927 ; R. Dugas, *Histoire de la mécanique*, Neuchâtel, 1950 ; E. J. Dijksterhuis, *Die Mechanisierung des Weltbildes*, Berlin, 1956 ; *Simon Stevin*, La Haye, 1943. Sur Léonard de Vinci : l'ancien ouvrage de G. Séailles, *Léonard de Vinci, l'artiste et le savant*, Paris, 1892, et, parmi les études plus récentes : R. Marcolongo, *Memorie sulla geometria e la meccanica*, Naples, 1937 ; G. Uccelli, *Scritti di m*[illegible]940 ; *Léonard de Vinci et l'expérience scientifique au XVIe siècle*, Paris, 1951.

الكيمياء والخيمياء

Chimie et alchimie : M. Berthelot, *La chimie au Moyen Age*, 3 vol., Paris, 1893 ; J. Ferguson, *Bibliotheca chimica*, 2 vol., Glasgow, 1906 ; D. I. Duveen, *Bibliotheca alchemica et chimica*,

Londres, 1949 ; H. M. LEICESTER et H. S. KLICKSTEIN, *A Source book in history of chemistry*, New York, 1952 ; M. DELACRE, *Histoire de la chimie*, Paris, 1920 ; W. OSTWALD, *L'évolution d'une science : la chimie*, trad. fr., Paris, 1919 ; E. O. von LIPPMANN, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie*, 3 vol., Berlin, 1919-1931-1954 ; E. J. HOLMYARD, *Makers of chemistry*, Oxford, 1931 ; ID., *Alchemy*, Londres, 1957 ; F. S. TAYLOR, *The Alchemists*, New York, 1949 ; R. J. FORBES, *A short history of the art of distillation*, Leyde, 1948 ; H. E. FIERZ-DAVID, *Die Entwicklungsgeschichte der Chemie*, 2e éd., Bâle, 1953 ; H. M. PACHTER, *Paracelsus. Magic into Science*, New York, 1951 ; W. PAGEL, *Paracelsus*, Bâle et New York, 1958 ; M. P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, Londres, 1962 ; J. M. STILLMAN, *The story of early chemistry*, New York, 1964.

علوم الأرض

Sciences de la Terre : K. F. MATHER et S. L. MASON, *A Source book in geology*, New York, 1939 ; K. A. von ZITTEL, *Geschichte der Geologie und Paläontologie*, Munich, 1899 ; A. GEYKIE, *The founders of geology*, 2e éd., Lyon, 1905 ; S. MEUSNIER, *L'évolution des théories géologiques*, Paris, 1911 ; G. von GROTH, *Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften*, Berlin, 1926 ; E. de MARGERIE, *Critique et géologie. Contribution à l'étude des sciences de la Terre*, 4 vol., Paris, 1943-1948 ; F. D. ADAMS, *The birth and development of the geological sciences*, 2e éd., New York, 1954 ; E. DUPUY, *Bernard Palissy*, 2e éd., Paris, 1902. Voir également les traductions anglaises du *Bergbüchlein* de KALB (A. G. SISCO et C. S. SMITH, New York, 1949), du *De re metallica* d'AGRICOLA (H. C. HOOVER, Londres, 1912) et du « Traité » de L. ERCKER (A. G. SISCO et C. S. SMITH, Chicago, 1951).

علوم إحيائية بوجه عام

Sciences biologiques en général : E. RÁDL, *Geschichte der biologischen Theorien*, Leipzig, 1905-1909 ; M. CAULLERY, Histoire des sciences biologiques, *in* G. HANOTAUX, *Histoire de la nation française*, Paris, 1924 ; W. A. LOCY, *The growth of biology*, Londres, 1925 ; E. NORDENSKIÖLD, *The history of biology*, New York, 1928 ; C. E. RAVEN, *English naturalists from Neckam to Ray*, Cambridge (G.-B.), 1947 ; E. CALLOT, *La renaissance des sciences de la vie au XVIe siècle*, Paris, 1950 ; C. SINGER, *History of biology*, 3e éd., Londres-New York, 1959 (trad. franç. par F. GIDON, Paris, 1934) ; J. ROSTAND, *Esquisse d'une histoire de la biologie*, Paris, 1962 ; E. MENDELSOHN, *Heat and life*, Cambridge, 1964 ; G. CANGUILHEM, *La connaissance de la vie*, 2e éd., Paris, 1965.

تشريح وفيزيولوجيا

Anatomie et physiologie : L. CHOULANT, *Geschichte und Bibliographie der anatomischen Abbildung*, Leipzig, 1852 ; M. ROTH, *Andreas Vesalius Bruxellensis*, Berlin, 1892 ; M. del GAIZO, *Sulla pratica dell' anatomia in Italia sino al 1600*, Naples, 1892 ; M. FOSTER, *Lectures on the history of physiology during the 16th, 17th and 18th centuries*, Cambridge, 1901 ; H. E. SIGERIST, Die Geburt der abendländischen Medizin, in *Essays... presented to Karl Sudhoff*, Londres, 1924 ; C. H. SHERRINGTON, *The endeavour of Jean Fernel*, Londres, 1946 ; E. HINTZSCHE, La renaissance de l'anatomie, revue *Ciba*, 1947, nº 59 ; C. D. O'MALLEY, *Michael Servetus...*, Philadelphie, 1953 ; K. E. ROTHSCHUH, *Geschichte der Physiologie*, Berlin, 1953 ; C. SINGER, *Short history of anatomy and physiology from Greeks to Harvey*, New York, 1957 ; L. PREMUDA, *Storia dell' iconografia anatomica*, Milan, 1957 ; L. R. LIND, *A short introduction to anatomy of Jacopo Berengario da Carpi*, Chicago, 1959 ; R. ERIKSSON, *Andreas Vesalius' first public anatomy at Bologna*, Uppsala, 1959 ; P. HUARD, *Les dessins anatomiques de Léonard de Vinci*, Paris, 1961 ; W. PAGEL, *Paracelse : introduction à la médecine philosophique de la Renaissance*, Paris, 1963 ; C. D. O'MALLEY, *Andreas Vesalius of Brussels*, Berkeley and Los Angeles, 1964 ; P. HUARD et M. D. GRMEK, *L'œuvre de Charles Estienne et l'école anatomique parisienne*, Paris, 1965 ; R. HERRLINGER et F. KUDLIEN, *Frühe Anatomie ; von Mondino bis Malpighi*, Stuttgart, 1967.

طب

Médecine : K. SPRENGEL, *Versuch einer pragmatischen Geschichte der Arzneikunde*, Halle, 1792-1803, 5 vol. (trad. franç. par A.-J.-L. JOURDAN, Paris, 1815-1820) ; J.-F. MALGAIGNE, *Œuvres complètes d'Ambroise Paré*, Paris, 1840-1841 ; C.-V. DAREMBERG, *Histoire des sciences médicales*, Paris, 1870 ; E. WICKERSHEIMER, *La médecine et les médecins en France à l'époque*

de la Renaissance, Paris, 1905 ; R. Massalongo, *Girolamo Fracastoro e la rinascenza della medicina in Italia*, Venise, 1915 ; K. Sudhoff, *Kurzes Handbuch der Geschichte der Medizin*, Berlin, 1922 ; W. Osler, *Incunabula medica*, Oxford, 1923 ; F. R. Packard, *The life and times of Ambroise Paré*, 2e éd., New York, 1926 ; P. Delaunay, *Ambroise Paré naturaliste*, Laval, 1926 ; F. H. Garrison, *Introduction to the history of medicine*, 4e éd., Philadelphie-Londres, 1929 ; A. Castiglioni, *The Renaissance of medicine in Italy*, Baltimore, 1934 ; P. Delaunay, *La vie médicale aux XVIe, XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1935 ; G. Zilboorg, *The medical man and the witch during the Renaissance*, Baltimore, 1935 ; K. Sudhoff, *Paracelsus*, Leipzig, 1936 ; M. Laignel-Lavastine, *Histoire générale de la médecine*, etc., Paris, 1936-1949, 3 vol. ; A. Castiglioni, *Storia della medicina*, 3e éd., Milan, 1948 (trad. franç. par Bertrand et Gidon, Paris, 1931) ; P. Diepgen, *Geschichte der Medizin*, I, Berlin, 1959 ; M. T. Gnudi et J. P. Webster, *The life and times of Gaspare Tagliacozzi*, New York, 1950 ; G. Singer et A. E. Underwood, *A short history of medicine*, Oxford, 1962 ; L. S. King, *The growth of medical thought*, Chicago, 1963 ; M. Bariéty et C. Coury, *Histoire de la médecine*, Paris, 1963 ; F. H. Garrison et L. T. Morton, *Medical bibliography*, second edition revised, Londres, 1965.

علم الحيوان

Zoologie : J. V. Carus, *Geschichte der Zoologie*, Munich, 1872 (trad. fr., Paris, 1880) ; G. Loisel, *Histoire des ménageries*, 3 vol., Paris, 1912 ; J. H. Gurney, *Early annals of ornithology*, Londres, 1921 ; M. Boubier, *L'évolution de l'ornithologie*, Paris, 1925 ; P. Delaunay, *Ambroise Paré naturaliste*, Laval, 1925 ; Id., *Pierre Belon naturaliste*, Le Mans, 1926 ; J. Anker, *Bird books and bird art*, Copenhague, 1938 ; T. S. Hall, *A source book in animal biology*, New York, 1951 ; F. S. Bodenheimer, Léonard de Vinci et les insectes (*Rev. Synthèse*, 77, 1956, 147-152) ; P. Delaunay, *La zoologie au XVIe siècle*, Paris, 1962 ; G. Petit et J. Théodoridès, *Histoire de la zoologie des origines à Linné*, Paris, 1962 ; M. D. Grmek et D. Guinot, Les crabes chez Ulysse Aldovrandi : un aperçu critique de la carcinologie du xvie siècle (*Colloque int. Hist. biol. Marine (Banyuls, 1963)*, 45-64, Paris, 1965) ; G. Petit, Conrad Gesner zoologiste (*Gesnerus*, 22, 1965, 195-204) ; J. Théodoridès, Conrad Gesner et la zoologie : les Invertébrés (*Gesnerus*, 23, 1966, 230-237) ; C. Nissen, *Die zoologische Buchillustration...*, Stuttgart, 1966 ; H. Fischer, *Conrad Gesner*, Zürich, 1966.

علم النبات

Botanique : E. Meyer, *Geschichte der Botanik*, 4 vol., Königsberg, 1854-1857 ; K. F. W. Jessen, *Botanik der Gegenwart und Vorzeit in culturhistorischer Entwicklung*, Leipzig, 1864 (éd. fac.-sim., 1948) ; F. J. G. Sachs, *Histoire de la botanique*, Paris, 1892 ; L. Legré, *La botanique en Provence au XVIe siècle*, 5 vol., Paris, 1899-1904 ; E. L. Green, *Landmarks of botanical history*, Washington, 1909 ; F. W. T. Hunger, *Charles de L'Écluse*, La Haye, 1927 ; C. S. Gager, *Botanics gardens in the world*, New York, 1937 ; M. Möbius, *Geschichte der Botanik*, Iéna, 1937 ; T. A. Sprague et M. S. Sprague, The herbal of Valerius Cordus (*J. Linnean Soc. London*, Bot. 52, 1-113, 1939) ; H. S. Reed, *Short History of the plant science*, Waltham, Mass., 1942 ; W. Blunt, *The art of botanic illustration*, Londres, 1951 ; C. Nissen, *Die botanische Buchillustration*, 2 vol., Stuttgart, 1951 ; A. Arber, *Herbals*, 2e éd., Cambridge, 1953 ; A. Davy de Virville et divers, *Histoire de la botanique en France*, Paris, 1954 ; L. Emberger et H. Harant, *La botanique à Montpellier*, 1959.

القسم الثاني :

القرن السابع عشر

بعد الحقبة المضطربة التي سادت عصر النهضة ، حيث دخل الغرب باتصال وثيق مع العلم القديم ، مع اظهاره ، في مختلف المجالات رغبة اكيدة في الابداع ، شاهد القرن السابع عشر ولادة علم جديد في اوروبا الغربية ، علمٌ تطور في القرون اللاحقة ثم انتشر قليلا قليلاً قليلاً في مجمل العالم .

هذه الثورة التي سوف نحلل مظاهرها المختلفة وظروفها وخصائصها في فصل تمهيدي ، سوف يكون لها نتائج لا تحصى .

وكانت الرياضيات مجالاً في أوج غليانه فشاهدت ولادة او تجديد الجبر ، ونظرية الاعداد وحساب الاحتمالات والجيومتريا الاسقاطية والحساب التفاضلي المتناهي الصغر . وكانت أوجه التقدم المحققة مهمة الى درجة ان حقل عمل ووظائف الرياضيات قد تغيرت بصورة كلية . هذا السلاح ، وقد اصبح اكثر قوة واكثر فعالية ، طبق بصورة تدريجية على مختلف فروع العلوم الفيزيائية : مثل الديناميكا التي شكلت في البداية ، بين غاليليه ونيوتن علماً مستقلاً ، اما الميكانيك السماوي الذي وضع كبلر (Kepler) ونيوتن مبادئه ، ضمن اطار نظام كوبرنيك (Copernic) فقد اعتمد بصورة نهائية ؛ اما الاوبتيكا أو علم البصريات فقد تحول بصورة تدريجية الى علم رياضي . وحدثت تقدمات موازية في المجال التجريبي وذلك بفضل اختراع المنظار والميكروسكوب ، وبفضل اكتشاف قوانين الاوبتيكا جيومتريكا ، وبفضل الدراسة الاكثر دقة للظاهرات المغناطيسية والكهربائية . في حين فتح البحث العملي ، في مجال الكيمياء ، الطريق ، بصورة تدريجية أمام التجديد الحاصل في القرن اللاحق .

وفي مجال علوم الحياة كُيفَتْ التقدمات ، غير الكافية يومئذ ، والحاصلة في مجال وصف وتصنيف الكائنات الحية ، كُيفت بفضل اكتشاف الدورة الدموية الكبرى ، وانتشار نظرية الانسان الآلة ، وولادة وتطور التشريح الميكروسكوبي بصورة سريعة ، وبفضل دراسة مسألة التوالد وبدايات الفيزيولوجيا النباتية .

انعكست هذه المكتسبات المتنوعة في مجال الطب الذي تفردن بصورة تدريجية واتسم بصفة اكثر

علمية ، مع افساح المجال الواسع أمام المناقشات النظرية . واخيراً تشكلت علوم الارض ، بشكل علم مستقل هو علم الجيولوجيا ، الذي قطع علاقته بالمعتقدات الوسيطية ، وانكبّ على دراسة تكوين وتاريخ الارض .

اقترن هذا التقدم الواسع الذي سوف نحلله في الفصول المتتالية من هذه الدراسة ، بتطور عميق في العقلية وفي مناهج العلم . لقد وضع علماء القرن السابع عشر : من جيلبرت (Gilbert) وكبلر (Kepler) وغاليليه (Galilée) وهويجن (Huygens) ومالبرنش (Malebranche) وليبنز Leibniz ونيوتن مروراً إلى باكون Bacon وهارفي Harvey وديكارت Descartes ، هؤلاء وضعوا مبادىء العلم الحديث . وهؤلاء الرجال العباقرة ، وهم يناضلون نضالاً صعباً ضد المعتقدات الجامدة وضد الروتين ، يحركهم ايمان قوي بقيمة جهودهم ، عرفوا كيف يستنبطون المبادىء الكبرى التي كانت ، في أغلب الاحيان ، في أساس تصوراتنا ومفاهيمنا الحاضرة . لا شك ان ابداعاتهم الجريئة ، لم تكن لتصل ، مرة واحدة ، إلى الكمال ، بل أخطاءهم ، وافراطهم قد صحح فيها بعد ، وأحياناً بصعوبة ، من قبل خلفائهم . ولكن هؤلاء العلماء ، كان لهم ، على الاقل ، الفضل العظيم بخلق المناهج الاصيلة والخصبة ، في تجديد مجالات واسعة من العلم ، واعطاء البحث العلمي قفزة حاسمة .

الثورة العلمية في القرن السابع عشر

يُرى القرن السابع عشر عادة وكأنه فيه بدايات العلم الحديث . وهذا الرأي ليس خاطئاً ولكنه يتطلب تفسيراً في جميع الاحوال . من المسلم به ، في هذا الشأن ان نعت « حديث » يبقى دائماً نسبياً . وبهذا المعنى يجب أن نحترس ، بعناية من الافراط في « التحديث » ، تحديث جيل ديكارت وحتى جيل نيوتن ، تحت طائلة ، اما عدم فهمهم ، أو التعرض لخيبة أمل غير محقة .

حب القديم والفكر الجديد ـ ان تناسي اختلاف العالم الذي كان يعيش فيه هؤلاء وكم هو مختلف عنا وعن عالمنا ، يوقعنا في عدم فهم هؤلاء القوم . وكان لا بد من انتظار نهاية القرن حتى يتبلور مفهوم الجرم Massc . كانوا يجهلون يومئذ معاني كمية الحرارة والخلية الحية ؛ ودراسة المغنطيسية والكهربائية كانت في بداياتها وكذلك دراسة الجيولوجيا . كان ديكارت يرى في الرعد إنفجار خليط انفجاري ، وكان يرى في الينابيع في الجبل نوافير من ماء المحيط . وحتى النظرية القيمة مثل نظرية مركزية الشمس في الكون ، كانت تحتاج ، حتى مجيء نيوتن ، الى براهين حاسمة . وحتى الفيزيولوجيا الميكانيكية ، في مجال نظرية الحيوانات الالية ، لم تكن تقدم الا صورة وصورة استنسابية خالصة .

حول الكثير من الأمور التي كثيراً ما كانت غير مستقرة ، كان التأمل النظري يأخذ مداه مرتاحاً ، ويتسم بالمدرسية بشكل غريب ، ابتداء من استنباط الكون من قبل ديكارت وصولاً الى المنازعات بين دعاة الطب الميكانيكي والطب الكيميائي أو النزاع بين القوى الحية . وإذا انطلقنا من فكرة أن هؤلاء العلماء قد أسسوا العلم الحديث ، ثم اكتشفنا هذه الاخطاء وهذا القصور ، لأصبنا بالخيبة ، وربما نازعتنا انفسنا في تصنيفهم داخل غياهب عصر سابق على العلم .

ولكن هذه الخيبة تكون ظالمة تماماً . وكم يقول ، وهو على صواب ، هـ. بترفيلد (H.Butterfield) : ماذا يصيب عظماء العلم الحالي لو كان عليهم ان يستخرجوا بأنفسهم أسس العلم بالذات ؟. إذ انها أسس علم جديد تلك التي كان على علماء القرن السابع عشر أن يعثروا عليها وقد فعلوا حقاً . وعلى صعيد الاكتشافات تعتبر تقديماتهم مدهشة : فقوانين كبلر (Kepler)،

وميكانيك غاليلي، ونظام الدورة الدموية عند هارفي (Harvey) ، وجيومترية ديكارت ، وجيولوجيا ستينون واوبتيكا نيوتون وفلكه ، وعالم الحيوانات الصغيرة عند لوينهوك (Leeuwenhock) . كثير من الاحلام ومن الاباطيل امتزجت داخل الحقائق ، أو ليس هذا هو شرط البحث في كل عصر وفي أي عصر ؟ ولكن ان نحن تساءلنا كيف حصلت هذه النتائج ، وان نحن فهمنا أنه كان من الواجب تغيير الفكرة المتكونة لدينا عن البحث وعن العلم منذ ارسطو ، اذاً لما امكننا الا الاعجاب بدون تحفظ .

معجزة السنوات 1620 ـ تكلمنا عن المعجزة اليونانية . وبالنسبة الى العلم ، كانت هناك ايضاً معجزة السنوات 1620 . فبدلاً من فيزياء النوعيات ، جاءت فيزياء الكمية : وبدلاً من الكون المنتظم المرتب ، جاء دور الكون « غير المحدد » ، المكون من ظاهرات متعادلة ، وكثيراً ما كانت بدون غاية ؛ وبدلاً من عالم محسوس بالادراك المباشر ـ والممدد بفضل الميكروسكوب الى أبعد من عالم الادراك والرؤية ـ جاء عالم الفكر الرياضي .

ولا شيء من كل هذا ، قد زال حتى الان . ولكن كل هذا كان يومئذ جديداً ، وكان من الواجب من أجل اكتشافه ، وقوع ثورة حقيقية .

وعظمة القرن السابع عشر ، التي لا مثيل لها ، لا تكمن في أنه رأى الى حد ما أشياء اكثر من سابقيه ، بل أن عظمته تكمن في أنه رأى العالم بعيون جديدة ، وبواسطة مبادىء ما تزال معتمدة . من هنا يمكن ويجب أن ينعت بأنه رائد العلم الحديث .

I ـ الحياة العلمية

لقد نشأ العلم الجديد على هامش العلم الرسمي ، وضده في كثير من الاحيان . واذاً فهو علم من صنع بعض المنفردين المعتزلين .

وسابقو هؤلاء كانوا يلتزمون بالسرية الحذرة . وكان موضوع السرية محترماً بشكل غريب طيلة القرن .

فضلاً عن ذلك ، وفي بداية القرن السابع عشر ، لم يكن هناك جمهور مؤهل لهذا النوع من الدراسات . وقد اشتكى باكون (Bacon) ، من أن كل شيء كان في خدمة رجال الادب . والميتافيزياء ، أما التجريبيون فلا شيء لهم ! وبعد مئة سنة كثرت كتب تيسير العلم .

ومع ذلك يجب أن نحذر ، في هذا التاريخ ، من الوقوع في المثالية أو الغزلية ! فالعالم ، كما يذكر ج . بلسينر (J.Pelseneer)، العالم بحق ، والمخترع ، ظل تقريباً دائماً ، مثل الفنان ، انساناً معزولاً ؛ وقد احتفظ روبرفال (Roberval) بقسم كبير من اكتشافاته حرصاً عليها . وفي النزاع حول التجربة البارومترية ، بدا روبرفال (Roberval) نفسه ، وبسكال (Pascal) ايضاً ، جائرين تجاه الاب

ماغني (P.Magni) الذي بدا من جهته قليل المبالاة بشكل استثنائي . وقام نزاع مماثل ايضاً حول اكتشاف الحساب اللامتناهي الصغر. وقد كتب ديكارت (Descartes)، الذي يذكر عنه أقوال جميلة حول التجارب التي يجب أن تتم بصورة مشتركة ، وحول واجباتنا كي نعد لاحفادنا علماً أفضل ، رغم ذلك كتب ، في خطاب المنهج (القسم 6) معالجة حقة لعالم معزول : ان التجارب التي يقدمها لك الاخرون باعتبارها سرية ، ليست كذلك ، ويصعب استعمالها ، لأنها مرتبطة دائماً بنظام صاحبها أو مؤلفها ؛ هذه التواصلات تبدو غالباً تافهة ، ومضيعة للوقت فلا تستحق الاعتناء بها .

وكان ديكارت (Descartes) في عزلته في هولندا يغير منزله كثيراً حتى يأمن عدم الاهتداء اليه .

وكان لا يؤمن الا بنفسه ، وكان يعتقد أن مطلق نظام يضعه فردٌ واحد هو أفضل من هذه التجمعات المتنافرة التي اشترك فيها بناةٌ كثيرون . وكان نيوتن (Newton) رغم الهالة التي اضفاها عليه النجاح السريع يتضايق ، حتى في التعبير عن فكره،من هجوم الديكارتيين (Cartesiens) عليه بصورة دائمة . ويمكن القول أن العلماء الاعلام في مجملهم كانت لهم في هذا القرن عقلية « الاسياد الكبار » الغيورين على امتيازاتهم .

وكان تبادل وجهات النظر يبدأ بشكل تحديات . وكان هذا الإجراء استمراراً للتراث المدرسي التنافسي. ولكنه كان ايضاً اسلوباً في اظهار النفس . أما عادة التوجه الى الجمهور العام مباشرة وهي عادة جديدة تماماً ومن فوق الجامعات المستعصية وذلك بنشر الكتب العلمية باللغة العامية، فكان لها وقع آخر : من هذه الكتب : ديالوغو (Dialogo ,1632)، الخطاب 1637 . بانتظار « اوبتيك » نيوتن .

هؤلاء « السادة العظام » كانوا يفتشون لانفسهم عن جمهور وهذا الجمهور اخذ يتكون .

-**المثل الايطالي** - في القرن 16 تكونت بورجوازية غنية ارادت التخلص من السادة التقليديين ، وساندت البحوث الجديدة . ولكن امراء ، امثال آل مدسيس (Medicis) ،وكرادلة وباباوات كان عندهم علماؤهم الرسميون .

وكانت المدن ذات الاصول العريقة المستقلة مثل بادو وبيزا وفلورنسا تسعى الى ان يكون لكل منها علماؤها المشهورون العاملون لحسابها. ومن ايطاليا اتى العلم وكذلك الفن ، كما كان تقريباً كل العلماء الفرنسيين في القسم الاول من القرن 17 يعرفون الايطالية التي كانت مع اللاتينية ، اللغة العلمية الاولى . ومنذ 1603 تشكلت في روما ، تحت رعاية الامير فردريك سيزي (Federico Cesi) أول اكاديمية للعلماء « اكاديميا دي لنسي » (Accademia dei Lincei) وكان من اعضائها غاليلي (Galilée) . وبعد نصف قرن أراد الدوق الكبير ، دوق توسكانة، فردينان (Ferdinand II) ، أن يكون له في فلورنسا مجموعته العلمية ، فكانت اكاديميا دل سيمنتو (Accademia del Cimento) (اكاديميا التجربة) حيث جلس من 1657 الى 1667 فيفياني وبورلي (Viviani , Borelli) وريدي (Redi) وستينون (Sténon) الخ .

وتعتبر حياة غاليله (1564 - 1642) المثل على الفضول وعلى المخاطر التي كانت تنتظر العلم الفتي . فقد عيَّنه الدوق الكبير ، دوق توسكانة ، استاذاً للرياضيات في بيزا ، مدينة مولده ، واجتذبه الى بادو مجلس شيوخ البندقية ، بعد أن أثبت جدارته وكفاءته ، ثم استدعي الى فلورنسا من جانب الدوق الكبير . ورغم ذلك لم يكن بالامكان انقاذه من المحاكمة في سنة 1633 . وكان ابعاده الى آرستري (Arcetri) حيث مات ، قد لُطِف بوجود تلميذه فيفياني (Viviani) الى جانبه وكذلك وجود توريشلي (Torricelli). واكثر من ذلك انه استطاع كتابة ونشر الديسكورسي « الخطابات » سنة 1638) .

الفلاندر والبلدان المنخفضة ـ كانت بلاد الفلاندر والبلدان المنخفضة غنية وماهرة مثل ايطاليا ، فسارت هي ايضاً في طليعة التقدم . ومن المشهور المعروف كيف أُيقِظَ ديكارت على البحث العلمي من قبل اسحاق بيكمان (Isaac Beeckman) وهو عالم منسي منذ زمن بعيد ، اكتشفه في ايامنا تبحر ش.دي وورد (C.de Waard). وفي بروج ، ثم في هولندا اعتبر سيمون ستيفن Simon Stevin (1548-1620) الرياضي ومهندس السدود في هولندا ، المثل الكامل للاهتمام الذي تثيره في هذه الاقاليم فيزياء خرجت اخيراً من التفلسف ووضعت في خدمة الانسان . كان آنتوني فان ليونهوك (Antony van Leeuwenhoek) (1632 - 1723) بائع قماش في دلفت (DELFT)، وأسندت اليه مهمات بلدية ونقابية . مهمّة ، ولكنه لم يترك مكتبه التجاري وطاولة التجارب لكي يستلم منبر تعليم . وكان العلماء والباحثون الذين ، مثل ديكارت ، تراكضوا باعداد كبيرة ، من العديد من بلدان اوروبا ، نحو هذه الاقاليم الجدية والمطلعة جداً ـ يبتغون فيها يبتغون في أغلب الاحيان ، البحث فيها ، عن حرية تعبير لم يكونوا يجدونها دائماً في بلادهم .

ولم يكن ـ بأقلّ قيمة ، في هذه البلدان ـ عمل الناشرين الكبار أمثال الزفير (Elzevirs)، في المقام الاول ، والذين أوكل اليهم غاليليه ، من ايطاليا البعيدة ، نشر كتابه الخطابات (= دِّيسكورسي) ، وامثال غيره ايضاً كجان مير (Jean Maire) الذي نشر « خطاب المنهج » لديكارت . وقد وضع القاضي الكبير قسطنطين هويجن (Constantijn Huygens)، ذكاءه وتأثيره بخدمة العلماء الفرنسيين أمثال ديكارت ومرسين (Mersenne) . وأصبح هؤلاء باكراً ملهمي ابنه كريستيان هيجن Christiaan Huygens (1629-1695) الذي أمّن عمله الرياضي والفيزيائي الصلة بين أعمال غاليلي ونيوتن . وذهب بنفسه ليقيم في فرنسا حيث بقي من سنة 1666 الى سنة 1681 ، يتلقى حتى مماته من لويس الرابع معاشاً كما ظل عضواً في الأكاديمية الملكية للعلوم .

انكلترا ـ وقامت حركة موازية في انكلترا . كان العلماء الانكليز من كبار الرحالة ـ وغالباً بالرغم عنهم ، وذلك على أثر الاضطرابات الاهلية ـ وقد تجولوا كثيراً في فرنسا وايطاليا وفي البلدان المنخفضة .

ولكن علم القرن السابع عشر بدأ عندهم مع وليم جيلبرت (William Gilbert) (1540-1603) ومع كتاب «المغناطيس» «الماغنيت» (Magnete) لسنة 1600 . كان جيلبرت طبيباً عند

الملكة اليزابيت ثم عند جاك الاول . وترك عند موته اوراقاً ثمينة لم تنشر الا سنة 1651 على يد أخيه : « د مـوندو نـوسترو سـوبليناري فيلوزوفيـا نـوفـا (De mundo nostro sublunari Philosophia nova) . وكـان فرنسيس بـاكون (Francis Bacon) (1561 - 1626) عـلى شهـرتـه ، اقـلّ قيمـة علمية ، وبصورة خاصة انه لم يفهم أن العلم الجديد هو علم رياضي . وكان فيلسوفاً اكثر مما كـان عالماً ، وقد كانت لديه الشجاعة بان يجعل العلماء يعملون ، مبيناً لهم ان الفيزياء القديمة قد تم تجاوزها . وعمل على الربط بين النظرية والتطبيق ؛ وبحكم موقعه كوزيـر انكليزي (Chancelier-d'Angleterre)قبـل أن يخسر مـوكزه في دعـوى أدت به الى السجن ، ثم الى عـزلـة تعيسـة ، استخدم نفوذه من اجل رفع شأن العالم التجريبي ، الذي ظلّ محتقراً لمدة طويلة باعتباره مجرد حرفي . وقبل نشر « نوفم اورغانم » (Novum organum) بسنتـين (1620) الحق في بلاط جـاك الاول وليم هارفي (William Harvey) (1578 - 1657) الذي سوف يقلب الافكار الالفية حول الدورة الدموية في كتابه (Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus (1628).

وقد ألح باكون (Bacon) على ضرورة التبادل الفكري ، وكان ندائؤه قد سمع . ونمـا التراث الباكوني بصورة رئيسية ضمن دائرة قامت في كامبريدج اولاً ثم انتقلت الى لندن ، بايعاز وتشجيع من تيودور هاك (Theodore Haak) وهو الماني عاش في انكلترا . وتشكلت مجموعة علميـة اخرى في اوكسفورد ، استطاعت ان تجتذب روبير بويل(Robert Boyle) (1627 _ 1691) هذا النبيـل الكبير الـذي كان ايضـاً رجل علم كبـير . وفي 28 تشرين الثـاني 1660 تـأسست في « غـريشـام كـوليـج » (Gresham college)، الجمعية الملكية . واخذت تظهر « المقالات الفلسفية » الشهيرة في سنة (1665 تحت رعاية اولدنبرغ (Oldenburg) شخصياً ـ وقد جاء هو ايضاً من المانيا ـ ولم تصبح هذه المقالات الناطق الرسمي باسم « الجمعية الملكية » الا في القرن 18 . إلا أنها منذ بداياتها الاولى ساعدت كثيـراً على نشر الاكتشافات والافكار الجديدة في انكليترا وفي كل اوروبا .

وفي انكلترا ايضاً انتهى علم القرن 17 الى كماله في اعمال اسحـاق نيوتن (Isaac Newton) (1643 – 1727، الطراز الجديد) الذي يجب أن لا ينسينا ، على كلٍ ، كفاءات نظيره وخصمه روبر هـوك (Robert Hooke)، (1635 — 1703). جاء نيـوتن الى العالم ، بعـد عدة اشهـر من موت غاليلي ، فعمل على دحر الشكوك التي اعتـرت العلم الميكانيكي الاول ، وذلـك بفضل تـوصله الى تركيب عظيم ، كان ما يزال ينازع فيه الديكارتيون وليبنيز ، الا انه قد سـاد القرن 18 . واصبح نيوتن عضواً في البرلمان ، وانتخب في سنة 1703 رئيساً للجمعية الملكية وظلّ يعاد انتخابه حتى وفاته ، وقد هنيءَ بأن رأى عبقريته تتكرس بفعل اعجاب مواطنيه الشديد بها .

فرنسا ـ في فرنسا تولى رعاية المجموعات العلمية الاولى نبيلان (على الاقل عرضاً) وارثان او قريبان من التراث الايطالي : بيرسك (Peiresc)، مستشار في برلمان بروفانسا، ومازاران (Mazarin) الذي اسس مكتبته الفخمة ، وأقام عليها البارع العظيم غبريال نودي (Gabriel Naudé). كما تلقى

مازاران اهداءُ العديد من الكتب العلمية . وكانت المدن الكبرى في الارياف تضم علماء وموسوعيين ذوي قيمة : بيرسك (Pieresc) في اكس آن برفانس ، فيرمات (Fermat) في تولوز ، اتيان باسكال (Etienne Pascal) في كليرمون فران ثم في روان . ولكن المركزية حدثت في هذه الأثناء ،وسوف تنمو الحياة العلمية في باريس وباريس هي التي ستشهد نمو الحياة العلمية .

وكانت هذه الحياة ، في باريس وفي الارياف ، غير مدينة الا بالقليل للجامعات ، التي ظلت مدرسية . بعد ان تجاوزتها « الكلية الملكية » التي ضمت غاساندي وروبرفال ,Roberval) (Gassendi . وجمع الأخوان دوبوي (Dupuy) مجموعة ذات آراء حرة جداً . ولكن الصناع الاكبر لحياة علمية مشتركة كان الاب ماران مرسين (P.Marin Mersenne) (1588-1648) . وكان كاهناً من سلك « المينيم » (Minimes) كرس حياته للعلم . ومنذ (1634) كتب يقول « لقد تعاهدت العلوم فيما بينها ان تقيم مجتمعاً منيعاً » . إذاً يتوجب على المتخصصين في كل العلوم ان يتشاوروا فيما بينهم وان يقارنوا بين اكتشافاتهم . والعلم سوف يتقدم اكثر لو سرت عادة العمل معاً : وأضاف : « لست أول من نادى بهذه الشكاوى » وقد آن الاوان للانتقال الى العمل . أما عمله هو بالذات فسوف يكون « هذه المراسلات » التي أمنت الاتصال بين علماء العالم أجمع ـ لانه كتب حتى الى القسطنطينية وحتى الى ترانسيلفانيا ـ وسوف يسحب العديد من علماء الارياف من عزلتهم . ومن عمله أيضاً نشر « ميكانيك غاليلي » ثم « افكار جديدة لغاليلي » ثم صدور خمسة كتب « تجديدية » حول العلم، ثم اخيراً ، في سنة 1635 ، والى جانب مجموعة دوبوي (Dupuy)، تشكيل هذه « الاكاديمية الباريسية » اول انجاز لحلم كبير ، إذ كان يريد تجميع العلماء من كل المجالات . وكما كرست الاكاديمية الفرنسية فيما بعد صالون كونرار (Conrart)، فسوف يكون تأسيس كولبير (Colbert) لاكاديمية العلوم ، سنة 1666 ، الاستعادة الرسمية لهذه المشاريع الخاصة . وابتداء من سنة 1665 ، ورغم الحوادث والانقطاعات ، اخذت تظهر « جريدة العلماء » . والكل يعلم ، بعد موت ديكارت كيف اخذت تناقش حتى في صالونات النساء المتحذلقات ، « العواصف والعوالم الهابطة » .

وهناك اسمان كبيران في العلم الفرنسي في القرن 17 يذكراننا بأن هذا العلم ، تحت الوحدة الظاهرة التي يريدها له كتاب تاريخ عجول، بدا متنوعاً ومختلفاً الى أقصى حد، باحثاً عن الحقيقة من طرق متناقضة أحياناً: ديكارت (1596 ــ 1650) ـ الذي امضى في هولندا سنوات درس اكثر مما في فرنسا قبل ان يذهب ليموت في ستوكهولم، هو المنظر الساعي الى ايجاد علم استنتاجي ، انما على مبادىء اخرى ، شبيهة بعلم أرسطو ؛ وباسكال (Pascal) (1623-1662) هو بعكس ديكارت التجريبي الحذر الذي يحذر المبادىء، لانها في نظره مجرد خلاصات مؤقتة لاحداث حصلت . هذا التيار الذي يدل عليه ايضاً روبرفال (Roberval) (1602 - 1675) هو الاعم والاكثر وقوعاً. ولصالح هذه البراغماتية، صدرت العبارات الاولى الدالة على علم ايجابي وحتى وضعي عن رجلي دين : مرسين (Mersenne) والاب مالبرانش(Malebranche) (1638-1715) . وكان هذا الاخير وبآنٍ واحد عالماً ومتصوفاً . وهكذا دخلت الفيزياء الجديدة الى فرنسا ، رغم محاكمتها سنة 1633 ،

بدون الكثير من المقاومة ، في جمهور كبير واسع .

اوروبا الوسطى ـ في اوروبا الوسطى اخذ جمهور علمي يتكون انما ببطء اكبر . في 29 أيلول سنة 1646 كتبت الاميرة اليزابث من برلين الى ديكارت تقول انها لا تجد عندها الا القليل من العلماء « وهذا يعود الى ان كل الشعب فيها فقير الى درجة ان احداً فيها لا يدرس او لا يفكر الا من اجل المعيشة » . وفي الاضطراب السياسي ، كان كل عالم يفتش عن حظه حيث يستطيع : تيكو براهي (Tycho Brahé) في هيڤن ، ثم في براغ ، والاب ماغني (P.Magni) في وارسو ، وهفليوس (Hevelius) في دانزغ . وترك ستينون (Sténon) بلد مولده الدانمارك ليذهب الى ايطاليا . ولكن كل شيء كان رهناً بتدابير الملك . و« أنجلة » السويد علمياً لم تعش بعد ذهاب الملكة كريستين . وتدل الحياة المعذبة التي عاشها جوهان كبلر (Johann Kepler) (1571 - 1630) ـ الذي طرد من كرسيه في غراز (Graz) من اجل ارائه البروتستنتية ، والذي استقبل في براغ وغيرها انما بأجر زهيد ، والمشبوه ايضاً في لينز Linz والذي اضطر الى الدفاع عن امه بجرم الشعوذة ، والى الركض باستمرار وراء المعونات الموعودة انما غير المحققة ابداً ، كل هذا يدل على الظروف الصعبة التي كان يعيشها يومئذ في تلك البلدان عالم سيءُ الحظ .

وفيما بعد عرف العلماء استقراراً اكبر . فقد استخدم غوتفريد ويلهلم ليبنيز (1646 — 1716) (Gottfried Wilhelm Leibniz) ـ وهو فكر شمولي ، ورحالة كبير ، ومستشار سياسي ودبلوماسي وجد في مكتبة هانوفر Hanovre ،وكان حافظاً لها ، ما يغذي سعة علمه المدهشة ـ كل تأثيره ، الذي كان عظيماً، لنشر « المعارف والانوار » . وفي سنة (1700) أسس اكاديمية العلوم في برلين . ومنذ البداية (1682) ساهم في « الاعمال الموسوعية » التي نشرت في ليبزيغ ، والتي ادت خدمات جُلّى ، بآنٍ واحد ، بمستواها العالي ثم بكونها محررة باللاتينية ، فكانت مفهومة من علماء جميع البلدان .

من المجموعات الخاصة في الفيزياء الى المختبر ـ على هامش الاكاديميات والمجلات العلمية تجب الاشارة ايضاً الى التشجيع التي كانت تلاقيه المجموعات الخاصة ، او التي كانت تسمى يومئذ « بالمقصورات » . والحقيقة ان هذه المقصورات كانت تتضمن كل شيء ، وكانت اشبه شيء بالبازار . وكانت مجموعات دوبوي Dupuy تجتمع في مقصورة الاخوين ؛ وكان للاب مارسين (P.Mersenne) مقصورته الخاصة التي تتضمن خاصة أدوات الفيزياء ؛ أما مقصورة الاب كيرشر (P.Kircher) في روما فكانت تتضمن اشياء اكثر تنوعاً ، من المتحجرات ، والبلورات والاسنان وقرون وحيد القرن الخ . ولكن شوهدت اشياء اكثر ندرة في مقصورات رومانية : من ذلك مثلاً تنينان عظيمان من القش المحشي (كما كان فيها تنين الاساطير الحق) وكان احدهما في متحف بابريني ، والآخر في متحف ألدروفاندي (Aldrovandi) ! .

ويجب أن لا نكون قساة بالنسبة الى هذه البدايات المضطربة في العلم الموسوعي .

فقد كان هؤلاء الناس ، الذين نشأوا على « الفيزياء » السكولاستيكية ، يطبقون الان علم الوقائع ، منصبين على التفصيلات المميزة . وقد كان المسافرون ، وهم مستمرون بالاهتمام بآداب

البلدان التي يزورون ، ذات الذكريات التاريخية او الاسطورية ، كان هؤلاء يزورون العلماء المحليين ، وينظرون الى الملاحات ، والمناجم والكهوف ، ويدونون الملاحظات الآنية عن الادوية المستعملة في تلك المناطق ، الخ. وكانوا يعودون الى بلادهم محملين بالمستندات الضرورية في كل شأن . وأخذت الغربلة تفعل فعلها في النصف الثاني من القرن السابع عشر ، عندما اخذت الافكار تتوضح وتكاثرت المجموعات الرسمية او الخاصة وكذلك الجنائن النباتية يومئذ ، كما تكاثرت ايضاً مراصد الهواة : لقد اشار الاب همبرت (P.Humbert) الى ما لا يقلّ عن 23مرصداً في باريس بين سنة 1610 و1667 . وفي أواخر القرن فتحت المراصد الكبيرة الاولى الرسمية الحديثة مثل مراصد باريس (1672) ومراصدغرينيتش (1675) .

II ـ الطبيعة كُتبت بلغة الرياضيات

وردت هذه العبارة منذ 1623 في كتاب ساغيتور (Saggiatore) لغاليلي . وهي عبارة فريدة في ثوريتها فهي، على الاقل بالنسبة الى العالم، طردت الطبيعة القديمة ، تنظيم هيولي من الاشكال ومن الصفات . وبرزت طبيعة جديدة ، مجمل مترابط من الاحداث الكمية . بل ان معنى البحث سوف ينقلب رأساً على عقب .

أفضلية الرياضيات وأسبقيتها ـ ان عبارة « الطبيعة كتبت بلغة الرياضيات » هي عبارة ثورية ايضاً ولكنها ايضاً مخاطرة ، وبشكل فريد . لا شك ان غاليلي كان يدرس منذ 20 سنة سقوط الاجسام . ولكنه لم ينشر الا في سنة 1632 ، في ديالوغو (Dialogo)، العبارات الكافية المرضية في سنة 1623 ، ومن اجل اثبات ان الطبيعة هي رياضيات ، لم يكن هناك ، على صعيد الوقائع الا المذكرات العتيقة حول طول الاوتار المرنة ، وحول قانون (غير الصحيح) الانكسار لكبلر (Kepler) ، وكذلك مبدأ ارخميدس (Archimède)، حول المخل ، ثم بعد 1609 ، قوانين كبلر ، وكلها مقدمات فخمة ولا شك . ولكنا نعلم كيف تصرف غاليلي بحذر غريب تجاه اكتشافات كبلر . وعلى كل حال ، هناك هوة كبيرة بين تحقيقات بعض التقارير الرقمية الثابتة ، والعبارة الواردة في «ساغيتور» (Saggiatore) غاليلي . وليست حالة ديكارت بأقل ايحاء . فقد فكر بالبناء ، قبل اية تجربة ، « على الاسس الثابتة والمتينة » للرياضيات ، بناء معرفة مضمونة . ولكن حالة غاليلي او حالة ديكارت هي ايضاً حالة كل هذا الجيل من العلماء : كتب كبلر يقول في مقدمة كتابه استرونوميا نوفا (Astronomia nova) (1609) : « من الصعب جداً اليوم كتابة كتب في الرياضيات وخاصة الفلكية منها » . فقراءتها تظل صعبة : « ولهذا لا يوجد اليوم الا قليل من القراء الجيدين . . . ، وانا نفسي، الذي اعتبر نفسي عالماً رياضياً، اتعب عند قراءة عملي » . ومع ذلك فانه هو ايضاً حرص على ترييض الطبيعة .

الفيثاغورية الجديدة ـ لا شك انه كان من الواجب اعادة النظر بالالة الرياضية بالذات . اذ قلما استعملت هذه الآلة منذ ايام الرومان . كتب كبلر يقول ايضاً : « كم من الرياضيين يجهدون

أنفسهم بقراءة كتاب المخروطات لابولونيوس (Apollonius)، بكامله!» علماً بأن هذه الأسس القديمة ، مضافاً اليها جبركاردان (Cardan) وڤيات (Viète) هي التي سوف تكون نقطة انطلاق رياضيي ذلك القرن في مسارهم الى الامام ، وكان كُلٌ منهم يندفع في اتجاه عبقريته الخاصة .

تجاه هذا العدد القليل من القوانين الكمية ، وحتى في حال غياب وسيلة رياضية كان من الواجب خلقها ، وفي حال لم يكن كبار العلماء قد تعودوا على الحساب ، في مثل هذه الاحوال بدا واضحاً ، ان فكرة ترييض الطبيعة، وهي فكرة مشتركة لدى كل علماء الجيل الاول ، هذه الفكرة لم تكن ابداً التثبت من واقعة ، بل كانت أمنية فكر ، لقد كانت مطلباً مسبقاً فخماً . ولكي تبدأ الوقائع تدون في اطار الرياضيات ، كان من الواجب بالدرجة الاولى وضع هذا الاطار في مكانه ، ولهذا كان لا بد في البداية من تصور فائدته او التنبؤ بها. أن كبلر وغاليليه وديكارت في بداياتهم لم يكونوا الا ليستعيدوا حلم فيثاغور ـ الذي عمل على تضليل كبلر في نظرية تجاذب الكرات ـ ، وكذلك حلم افلاطون الفيثاغوري والرياضي، المتروك طويلاً لصالح افلاطون الاسطوري ، من هذا الحلم سوف يبنون بصورة تدريجية واقعاً حقيقياً . ولكن بالنسبة الى علماء الجيل الاول ، سبق الفكر العملي الوقائع سبقاً اكيداً وبعيداً .

III ـ اعادة النظر في مفهوم العلم

كان يلزم القليل من الملاحظات، بهذا الشأن لاضافته الى الملاحظات القديمة من اجل أن يقوم هؤلاء العلماء، عن وعي تام ، ببناء « فلسفة جديدة » اي علم جديد في لغة ذلك الزمن . والواقع ان الفيزياء الكمية لا علاقة لها عملياً بفيزياء النوعيات .

وبصورة حذرة اخذت تحدد خط هدفها . كتب مرسين (Mersenne)، وهو يبنى علم بصريات رياضية خالصة يقول : « وعلى كل لا أريد أن أرمي كلياً كل انواع الاشياء القصدية ». وفسر بقوله أن الصوت المسموع ليس فقط رنيناً في الهواء بل هو أيضاً بناء من العضو الحسي. هل في هذا شيء من الحذر من مواجهة الشكوك والظنون القائمة في قلوب علماء ذلك الزمن ! ليس هذا هو السبب برأينا بل هو شعور بتعقيدات الواقع ، وهو اعتراف له ما يبرره بأن الترجمة الكمية للظاهرات وللاحداث هي تجريد ـ تجريد خصب الا انه لا يستطيع الحلول محل الاحساس . انها ذكرى سعيدة من تكوينه المدرسي .

ومهما يكن من امر فابتداءً من القرن السابع عشر توقف « غرض العلم » عن ان يكون النوعية المدركة ليصبح الكمية المقاسة ، باستثناء الكيمياء والتاريخ الطبيعي ، بالطبع .

مفهوم الظاهرة او الحدث ـ وبذات الوقت عُرِّف بالمعنى الحديث ، وهو معنى جديد كل الجدة يومئذ ،مفهومُ الحدث أو الظاهرة : هذا التجريد الكمي الذي ليس هو كل شيء في الاشياء .

حتى ذلك الحين كانت كلمة علم مقصورة على معرفة الكائن ، اي على معرفة الاشياء الازلية .

أما الظاهر، ظاهر الاشياء فلم يكن الا هبوطاً او نزولاً محتملاً للكائن ؛ وهذا الظاهر لا يشكل موضوع علم ، بل كان فقط مادة إبداء رأي . وكل علم جدير بهذا الاسم يرى في التأويل رجوعاً من المظهر الى كنه الشيء بالذات .

وعلى هذا كان هناك فصل مماثل بين العلم ، الذي هو تأمل في الحقائق الخالدة ، وبين الفن « او الصناعة ،(وهو من عمل الحرفي الصانع) الذي هو تعامل تجريبي بالظواهر . الفن « يقلد » الطبيعة ولكنه لا يمسك بها ابداً : من ذلك مثلاً أن الحاصل التركيبي المتكون في المختبر ، لا يكون له ابداً البنية الصحيحة التي للمنتوج الطبيعي .

هذا الاسلوب في التفكير هو ما عمل علماء القرن السابع عشر على تحويله تحويلاً كاملاً . فهم لم يكتفوا فقط بالاستغناء عن ارسطو ، بل ان فيثاغوريتهم لم تعد تأملية فلسفية ، بل اصبحت ناشطة : لقد ارادوا ترييض الطبيعة حتى يروا فيها آلة ضخمة نستطيع نحن ، من الناحية المثالية ان نصنع وان نفبرك ، بموجب قوانينها لا بموجب كينونتها . ومع فيثاغور (Phythagore)، تمت العودة الى ارخميدس (Archimède). وهذا يفترض انهم قد ازالوا التفريق بين العلم والفن ، وانهم تصوروا معرفة الاحداث ، وكأنها امساك ولو جزئي بالطبيعة ذاتها ، باعتبارها « علماً » . وبالامكان التتبع خطوة خطوة ، من باكون الى كتاب القرن الثامن عشر ، لهذا المسار المدهش الذي سوف يقلب معنى الكلمات المفاتيح في كل علم المعرفة .

كان باكون عالم ، ومع ذلك فقد ظل رجلاً من العقلية القديمة . وكان فيلسوفاً، ولكنه تصور بوضوح تام النظام المثالي للعلم الجديد. كان يرى انه من الواجب تكييف المحدد من اجل فهمه بواسطة النظريات الحقة الصحيحة ، و« الفن » ، هذا العمل المحتقر حتى ذلك الحين ـ ربما لانه كان عاجزاً ـ هو تكييف الاشياء ، بحيث اصبح الفنان المساعد الضروري « للعلم » النظري . وكما اثبت عن جدارة الأب م. شول (P.M.Schuhl): ان هذا الاتحاد بين النظرية والتطبيق كان يومئذ تجديداً ثورياً. فبدلاً من العبارة القديمة : المعرفة هي التأمل ، حلت عبارة جديدة : المعرفة ، هي الصناعة وهي الانتاج .

عالم من نمط جديد ـ إنّ باكون (Bacon)، وغاليلي (Galilée)، تلميذ ارخميدس الالهي ، وديكارت ، الذي كان يرى ان كل الاشياء الاصطناعية هي بذات الوقت طبيعية ، ومرسين (Mersenne)، وكل العلماء من المدرسة الشابة ادخلوا بالقوة تقريباً عالم المختبر الى الساحة التي كانت حتى ذلك الحين مخصصة للعالم صاحب اللقب الذي يتفلسف حول جواهر الاشياء. نلاحظ فضلاً عن ذلك ان العالم الواصل جديداً ، اذا اراد ان يحصل على آلات جيدة ، كان عليه ان يفبركها بنفسه .

وارتدت « الظاهرة » او الحدث قيمة جديدة. فمن اجل تفسيره لم يعد العلم الفني يبحث ، مثلما كان يفعل العلم القديم ، في ربطه بمبادىء ميتافيزيكية ، بل اعتبره كمعطى متماسك وفسره بعد

اكتشاف قواعد تماسكه أي القوانين . والنماذج الميكانيكية التي اقترحها الرياضيون ليس لها في العلم القديم الا قيمة « الفرضيات ». هذه النماذج أصبحت كل شيء في العلم الجديد .

وازداد التعلق بالاوتومات في القرن السابع عشر : فكان هناك « الكهوف السحرية »، والابعاد الغريبة المدهشة ، واكمال تصنيع الساعات الدقاقة . ولكن الشيء الذي تم تحقيقه يومئذ لم يكن شيئاً بالنسبة الى المطلوب المبتغى ، إذ أنهم جعلوا من الطبيعة من الناحية المثالية شيئاً اوتوماتيكياً لا حدود له . بالنسبة الى ديكارت النفس تتحكم بحركات الجسد كما يتحكم السقاء بحنفيات القنوات أو كما يتحكم نافخ الاورغ بالهواء الذي يدفعه في الانابيب المختارة .

وهكذا ظهرت الموديلات الاولى المصغرة . درس جيلبرت المغناطيسية والكهرباء الارضيتين على « التِّريلا » وهو مغناطيسي دائري كروي اعتبر بمثابة « ارض » ؛ واستخدم ديكارت كرة هارون الاسكندري (وهي كرة تتحرك تلقائياً بخروج البخار منها) ، لدرس حركة البخار . وابتكر الاب فورنيه (P.Fournier)، ولنفس الغرض مخرطة ذات فتحات مرتبة بإتقان .

الفكر الميكانيكي ـ وهكذا تكونت الفيزياء الميكانيكية ، وبالتعميم هذه البيولوجيا الميكانيكية ، وحتى ، عند هوبز (Hobbes) هذه السيكولوجيا الميكانيكية ، وهي اشياء حاول « الفن » أن يعيد صياغة طبيعتها ، هذه المجالات استحقت بالتالي اسم « العلم » .

وعلى كل لم يكن هذا العلم في القرن السابع عشر باستثناء ديكارت ، دوغماتيكياً . ان حرص مرسين (Mersenne) : علمنا يعيد صورة الاشياء ولكن الاشياء لها طبيعتها الخاصة ، هو حرص كل علماء عصرة تقريباً . ويقول آخر ان العلم الميكانيكي ، لم يكن ، عند اي مستوى تفسيراً كاملاً ، بل ترك الساحة حرة امام موقف فلسفي . انه براغماتيكي عند مرسين (Mersenne) وغاسّندي (Gassendi) وروبرفال (Roberval) وغالبية علماء القرن ، وكان صوفياً عند باسكال وميتافيزيكيا عند ديكارت وعند نيوتن . في هذا الحوار البادىء بين الفلاسفة والعلماء المحدثين ، اطلق مالبرنش (Malebranche) عبارة كان لها وقع طويل مديد : لنترك للميتافيزيكا دراسة القوة الغامضة الفعالة في الاسباب ، أما العلم فيكفيه معرفة القوانين .

تغير القيم ـ وبصورة تدريجية على كل حال اتجهت الفيزياء الجديدة الى احتكار كلمة علم المقدّرة تقديراً عالياً يومئذ . وبدا روبرفال (Roberval)وكأنه أول لا أدري بالمعنى الحديث للكلمة ، غير شكاكٍ بحسب الاسلوب القديم ، الا انه لم يكن يؤمن الا بالعلم .

وهكذا من باكون (Bacon) الى القرن الثامن عشر بدت المعرفة ـ والمعالجة ـ للظاهرات تنساب بخجل في بادىء الامر ثم بطمأنينة وثقة ، في المجال المخصص « للعلم » . حيث تآلفت وتزاوجت مع الميتزافيزيك. ولكن بعد ذلك ـ رغم أن كلمة عالم كانت تدل في ذلك الحين، كما وردت في « صحيفة العلماء »، على الانسان الموسوعي ، ـ هذه المعرفة ظلت العلم الوحيد في الفهارس والمصطلحات ، ومن هنا مال بعض الفلاسفة الى اعتبار الميتافيزياء شأناً من شؤون « الرأي » . إنّها

مغامرة عجيبة ، مرت غير منظورة ان نحن اكتفينا بالكلمات وحدهـا ، الا انها اقتضت ، رغم دوام هذه الكلمات ، قلباً حقيقياً لمعانيها .

اصلاح الادمغة ـ لقد غير العلم اتجاهه لأن فكر الانسان قد تغير . يقول مالبرنش : « التجربة تعلم ، الى حدٍ ما انه لا يمكن اقناع الديكارتي عن طريق مبادىء ارسطو ولا اقناع الارسطي بمبادىء ديكارت » . وبالنسبة الى هذا « الفكر العلمي الجديد » لم تعد اعتبارات « المظاهر الحسية » اغـراء . لقد فهم غاليلي تماماً ذعر العلماء القدامى (ديالوغو 1632): فابعادهم عن « الطبائع الخالدة » يعني تدميرهم هذا الملاذ هو هذا الحمى الذيْ كـانوا يحتمون به .ولنشر العلم الجديد لا بد من العمل على اعادة صنع ادمغة الرجال . لماذا الاعجاب بالسماوات التي لا تفنى ؟ الثابتة الازلية ؟ ان الحياة في الحركة ، في الدورة التي تمس الاجيال ويطالها الفساد . وكل شيء عدا ذلك تافه محتقر وميت . ولكن الفكرة سبق ان وجدت في كتاب ماغنيت (De Magnete) لمؤلفه جيلبرت (Gilbert)، والذي صدر رمزياً في فجر القرن أي سنة 1600 . وهو كتاب اعتبره غاليلي مستحقاً للمدح وللغبطة ، وقال باعتباره كأحد الاسس في بناء الفكر العلمي الجديد. كتب جيلبرت يقول : ان الارسطيين يذكرون ان الطبيعة تبحث عن السكون : « ولكن كل الاجيال تولد من الحركة التي لولاها لنامت الطبيعة » . ولهذا بدا جيلبرت كوبرنيكياً على طريقته إذ إنه ما زال يعتقد بوجود روح مغناطيسية لـلارض ، وهذه فكـرة لم يحتقرها لا غاليلي ولا نيوتن . فحرمان الارض من الحركة في حين أن كـل الكواكب تتحـرك ، جعل الاقدمين يضعون الارض في حالة بؤس : « الارض وحدها في نظرهم هي حثالة تعيسـة في العالم ، وهي غير كاملة وميتة وجامدة وبدون فائدة »[1] .

ويقتضي اصلاح الادمغة اصلاحاً في المحبة ، في العاطفـة التي تجرؤ عـلى ترك « الملاذ » ملاذ الكائنات التي لا تفسد ، لكي تدرس الظاهرة القابلة للفساد . ونبقى بعيدين عندما نشير ، من اجل تفسير العقلية الجديدة ، الى ترك منهجية التسلط ! .وباعتراف غاليليه ، كان جيلبـرت (Gilbert) هو المعلم المرشد . ـ وبقول آخر : انه الشاهـد الاول المؤكد ـ عـلى هذا الانقـلاب . لقد نـاضل ضـد « الجبن ، جبن الفكـر الشعبي » الذي يكتفي بـأن يردد ويـرفض كل تجـديد . واذاً فجيلبـرت يجرّم الكسل الفكري ، وتقديم كتابه يعبر عن كل فكره : ان الفقهاء يتعبون انفسهم في تفلسف يدور حول نفسه ، « واني اكتب من اجلكم فقط ، انتم الذين تعرفون بحق كيف تتفلسفـون ، انتم المتخلصون من الافكار المسبقة ، الذين يبحثون عن العلم لا في الكتب وحدها بل في الاشياء بالذات ، قـد كتبت هذه المبادىء حول المغناطيسية ، المولودة من كيفية جديدة في التفلسف » . من بـاكون (Bacon) الى باسكال (Pascal)، الى مالبرنش (Malebranche)، لم يكن العمل الا الاجابة على هذا النداء ، ان الفكر العلمي الجديد، هو ، بعد التخلص من علم تأمـلي ، التحول الى «الحركية» الحديثة ـ ولكنهـا مصححة بنوع من الميتافيزيك .

---

(1) Gilbert, de Magnete (Londres, 1600) liv.V chap. 12, p209.

ـ ان هذه الكلمات هي التي استعادها حرفياً غاليليه في كتابه « ديالوغو » .

VI ـ من الكون الكامل الأزلي الى الكون المتحرك

ان يسبق هذا الاصلاح الذهني ، في اغلب الاحيان ، تقدم التقنية (دون ان يكون على الاطلاق ناتجها) هذا ما لدينا الاثبات عليه عبر تاريخ الانتقال من الكون الازلي (Cosmos) الى الكون العرضي (Univers) .

ان الكون [الجوهر] كـكل منظم غائي ، غير قابل للفساد ، متراتب محدود بكرة الثوابت ، اخذ يتهاوى ، في الفكر الحديث مع « دوكت اينيورانس » (Docte ignorance) لـ نقـولا دي كوي (Nicolas de Cues) (1440). معه بدأ الانسـان يخرج من « الملاذ » حيث كان يلوذ الكثيـرون من معاصري غاليلي (Galilée) ايضاً . بالنسبة الى دي كـوي(De cues) لم يعد هناك مركز قابل للتعيين بالنسبة الى العالم . لقد بنى كوبرنيك (Copernic) فيما بعد عالماً يتمحور حول الشمس ، في حين ان برونو (Bruno) عاد الى فكرة العالم غير المتناهي .

من الملحوظ ان هذه الافكار قد صيغت في باديء الامر وكأنها معطيات مسبقة ، وكأنها رغبة في اللانهائي وفي الحركة ، دونما علاقة ، حتى حينه، بالتجربة الخارجية . هذا التدمير للكرة السماوية يبدو كنوع من الهرب .

العالم نظام قوى ـ كانت الامور عند هذا الحد في مطلع القرن 17 . ولكنا نعلم بعد ذلك ان « الحركية » قد انتصرت ، وانهم سوف يهتمون بعد ذلك « بالظاهرات » . ضمن هذه البحوث التأملية المتبقية من رؤ ى الفكر سوف يدمجون واقع الاشياء .

وهنا ايضاً يحتل جيلبرت (Gilbert) مكاناً مرموقاً . لا شك انه لم يقل شيئاً عن حركة الارض حول الشمس ، ولكنه دوَّرها حول نفسها كما فعل كوبرنيك ، أما ما لم يفعله كوبرنيك (Copernic)، وفعله جيلبـرت ، فهو انـه بحث عن سبب « فيزيـائي » لهذا الـدوران . فقد كـان يرى ان الارض مغناطيس ـ وهذا هو الخطأ الوحيد الذي أخذه عليه غاليليه ـ وان مغناطيسيتها الذاتية هي التي تدورها. واكثر من ذلك ، انها مزودة بقطبـين مغناطيسيـين ، ولذا فهي تشكـل حقيقة فيـزيائيـة داخل نـظام للقـوى ، وهذا يعتبـر تقدمـاً ضخماً بـالنسـبة الى « علم الحـركية » (Cinématique) عند كـوبـرنيك (Copernic) .

ان كبلر (Kepler) ـ المؤسس الحقيقي لنظرية محورية الشمس العلميـة ـ قد رأى هـو ايضاً في الشمس وفي الكواكب مغناطيسيات . ولكنه تجاوز بكثير الهامات جيلبـرت ، لقد بنى اخيـراً « نظامـاً شمسياً » ذا قوىً محركة ، جذابة ومغناطيسية ، ووصف حركات صحيحة . ولكي يصل الى هـذا ، توجب له ـ تحت طائلة اية تحديات واي جهد ـ ان يقطع علاقاته اخيراً مع السحر القديم سحر الحركة الدائرية . وهذا لم يكن فقط نجاحاً في الحساب ، بل انهيار معتقد معمر أزلي. واكثر من ذلك اذا كان فضاؤ ه ظل متناهياً ومحدوداً بكرة الثوابت الا انه لم يعد فضاءً نوعياً : لم يعد هناك من «أمكنة طبيعية»، كل « الامكنة » متساوية . وحول هذه النقطة ايضاً ، كان تقدم التقنية يقتضي رؤ ية جديدة للاشياء

كون قابل للفساد؛ كون غير محدود ـ في سنة 1609، ترك كبلر Keplerالنجوم (الثوابت) خارج المعطيات السارية على بقية الاجرام السماوية . ولكن بعد 1610 مكن المنظار الفلكي (المرصد) من رؤية بقع في الشمس ومن رؤية جبال في القمر . ان « سامبليسيو » المذكور في « ديالوغو » غاليليه، لم يكن يقبل بهذه الاشياء الجديدة المفضحة التي تحرم الكواكب من طبيعتها الازلية ، كما توحي ، بصورة اقوى ، بفكرة ان الارض هي كوكب كبقية الكواكب الاخرى . ولكن اعتراضاته لم تكن تستطيع ايقاف المجددين ، لا لانها لم تكن بدون قيمة فقط ، بل ايضاً لان الاحداث الجديدة تخدم بشكل مناسب تماماً هذه الارادة المصممة الراغبة في « حدثنة » ومظهرة العالم الكواكبي ، اي جعله عالماً حدثانياً .

ان علم فلك غاليلي لم يسجل تقدماً بالنسبة الى عالم كبلر (Kepler) ، الا انه عمم واشاع محورية الشمس ، ومحاكمته اذاعت شهرته . واذا كان قد اخطأ بعدم تتبع كبلر (Kepler) بدقة ، حول مسألة المدار الاهليلجي للكواكب (لفرط ما كان المعتقد القديم بصوابية الحركة الدائرة راسخاً ، حتى على عقل كعقله) الا أنه بالمقابل أعطى حيزاً للكون. (Il donne du champ à l'Univers). لقد رفض ـ وهو يستعيد تقريباً، عبارة نقولا دي كوي (Nicolas de Cues) ، لأنها أقل تعريضاً من عبارة برونو (Bruno) ـ ان يقرر ما إذا كان العالم متناهياً أو غير متناهٍ ، إلا أنه أوحى ولمح بأن فكرة العالم المتناهي ليس لها أي أساس إلا اعتقادنا العفوي بمحورية الانسان . هذا الحل لعالم « غير محدد » تمسك به أيضاً ديكارت . هل هي صيغة « حذرة » بعد المأساة التي حلت ببرونو ؟ (Bruno) ليس ذلك أكيداً . ومهما يكن من أمر ، الشيء الجوهري قد حصل : ان كرة الثوابت قد ذابت في الكون المتغير الجديد

توحيد الفيزياء السماوية والفيزياء الارضية ـ ان ديناميك غاليليه هو الذي بقي ، مع شجاعته الكبرى امام المحنة ، عنوان عظمته ومجده . فقد نزع كل احتمال عن « محورية الارض » ، وبدأ يرد على برهان تيكو براهي (Tycho Brahé) الذي لم يكن يريد ان تكون الارض كوكباً من الكواكب . ومع ذلك كان لا بد من انتظار هوك (Hooke) ونيوتن حتى تلتحم حقاً ، ضمن علم واحد ، فيزياء السماء وفيزياء الارض . ويمكن القول اذاً ان هذا التقدم المحسوس كان يقتضي الجهد الثابت لقرن كامل . وبالنسبة الى غاليلي أيضاً ، لم تكن الارض المتحركة لتخلق في الجسم الساقط سقوطاً حراً قوة تماس مستقيمة ـ وقد تجرأ بورلي (Borelli) فادخل لاول مرة في التاريخ « القوى النزاعة عن المركز في الميكانيك السماوي » ولكنه ، عندما اقتضى الامر دراسة أثر مثل هذه القوة في سقوط الاجسام على الارض ، تراجع ، وعاد الى الجواب ـ غير الكافي ـ الذي واجه به غاليليه تيكوبراهي . حتى بالنسبة الى انصار المدرسة الجديدة ، لم يكن من السهل عليهم ان يروا ببساطة ان الارض هي كوكب ! واخيراً مع نيوتن : أن نفس القوى هي التي تعمل حقاً على كرتنا وفي السماوات . من كواكب « غير وازنة بطبيعتها » الى كواكب « ذات وزن » عند نيوتن ، هذا هو الطريق الذي تم اجتيازه، وكم من حاجز سيكولوجي كان يجب التغلب عليه .

السقـوط او الجـذب ـ من جيلبـرت Gilbert الى نيـوتن مـروراً بكبلر ، فـرضت فكـرة « الجذب » (التي ظنـت ، في باديء الامر ، وكأنها قوة مغناطيسية) نفسها في مواجهة الفكرة القديمة ، فكرة الاجسام التي تقع « مدفوعة » برغبتها في العودة الى مكانها الـطبيعي . وظل ديكـارت متنحياً ، مثل مالبرنش (Malebranche)، مرعوباً بهذه « القوة الجاذبة » التي كان يراها قدرة خفية . فبالنسبة اليه ، كما بالنسبة الى الارسطيين ، تكون الاجسام مدفوعة، انما هذه المرة ، بعواطف ميكانيكية .

هذا النزاع لم يكن الا مظهراً من مظاهر الصراع بين الميكانيسم والديناميسم والذي سوف نعود اليه

العالم له تاريخ ـ بالمقابل عمل ديكارت (Descartes) اكثر من أي كـان ليثبت ان الارض والكواكب ذات طبيعة واحدة ، والبقع في الشمس اوحت له ان هذه الكواكب، وبالتالي كل النجوم ، لها تاريـخ ، وانّ الارض هي « نجم » بارد وان السمـاوات ، كما رأى بـرونو ، هي تـراكم كواكب متساوية وانها كلها تتبع نفس القوانين . واستغل الاب كرشر (P. Kircher) هذه الفكرة. اما كتـابه « موندوس سوبترانوس » (Mundus subterraneus) المضطرب انما الثمين (1664 - 1665) فيمكن ان يعتبر كأول كتاب في الجيولوجيا الحديثة .

ولكن حتى يتولد هذا العلم ، كم من العقبات يجب التغلب عليهـا! لفهم الفائـدة الممكنة من النظر في باطن الارض ، يتوجب اولاً ـ كما قاله ديكارت وكرشر (Descartes et Kircher) بالكلام الصريح ـ تبديد احراجات العلماء القدامى الذين كانوا يرون ان الظاهرات الباطنة تتفسر بالظاهرات العليـا (بالاحـوال الجويـة التي هي فوق سـطح الارض). فضـلاً عن ذلـك ، يجب ان لا ننسى ان الارض كانت يومئذ « عنصراً » اي انها مبدأ بسيط لا يتطلب لا ملاحظة او مراقبة ولا تحليلاً . وكان على غاليلي ان يكرس صفحات طويلة في « ديالوغو » (Dialogo) ليقنع سمبليسيو (Simplicio) بانها ليسـت عنصـراً ، ولا هي بالتالي تشكيلاً بسيطاً ، بل تجميعاً من الاجسام المعقدة جداً ، وهنا ايضاً ولكي تستطيع العيون الرؤ ية ، يتوجب على الادمغة ان تتغير ، وقد عرف ستينون (Sténon) وقال كم هو مدين ، ان لم يكن لعلم ديكارت (Descartes)، فعلى الاقل بالنسبة الى العقلية الديكارتية . وكان من الواجب أن تفرض هذه العقليّة الجديدة نفسها حتى يتسنى أخيراً إيفاء عمل برنار باليسي (Bernard Palissy) حقه بعدما كان محتقراً لفترة طويلة

وللانتقال من الكون الازلي الى الكون العرضي ، كان لا بـد من حدوث مـلاحظات تقنيـة لا تحصى ، كما كان لا بدَّ من إجراء حسابات مستعادة بصورة مستمرة .هذا التجديد للعالم كان ، نوعاً ما الوجه الآخر لتجديد مماثل حدث في العقلية العلمية .

٧ ـ ما وراء الادراك

كانت الفيزياء النوعية تعتبر الواقع ما يدرك مباشرة . وبحسب تعبير برنشفيك (Brunschvicg) تُحِلُّ الاوالية (Mécanisme) محل هذا الواقع المحسوس واقعاً فكرياً .

ولكن هناك بعد كبير بين الصيغة الرياضية والواقع المحدد . في بداية القرن ، ظل المبدأ الذري القديم ، الذي لم يتغير منذ ابيقور و لوكرس (Epicure et Lucrèce) ، رؤيةً فكريةً ، عاجزة عن سد الفراغ . ولم يكن رقص وثوران المادة المرهفة بأفضل أو أعلى قيمة .

ثم انه حتى موت ديكارت (Descartes)، ظل العلم الجديد يثير الدهشة والاعجاب ولكنه ايضاً يثير الفزع لفرط جرأته. فقد تَعَمَّمَ بصفاءٍ مذهلٍ ، لم ينجُ منه الا مرسين الحذر . نذكر هذه المناقشات التي لا تنتهي حول الخط المنخني الذي يجب ان يرسمه الجسم الساقط « نحو مركز الارض »، وفي الاجوبة الحاسمة خطأ والتي قال بها غاليلي ، وبالاستنتاج الديكارتي لعالم كل شيء فيه واضح واكيد كعالم ارسطو! انها جرأةمحظوظة ولا شك: إذ لو أنهم رأوا من اول وهلة كم هي معقدة، أشياء الكون إذاً لأصيبوا بالخوف ، هؤلاء المحدثون القدماء. ويبقى على كل حال انهم لم يستطيعوا الهرب من الادراكات البسيطة ، التي ليست ابداً الادراكات النوعية عند الارسطيين ، بل هي ادراكات الميكانيكيين الذين ما زالت ماكيناتهم بدائية . « من الذرة الى النجم » ومع ذلك فقد شاهدوا الكون يُبنى وفقاً لنموذج هذه الالات البسيطة . وبعد 1650 اخذت المناهج الجديدة تكتسب مزيداً من الدقة، واخذ الفكر العلمي الجديد يزداد حذراً ونضجاً .

الملاحظات الدقيقة والحرص على الاجزاء العشرية ـ ان الرابط بين الكون المرئي والكون الفكري مدين كثيراً للرياضيين الذين حرصوا على التمسك بفكرة الحد . وقد تأمل غاليلي بهذه المسائل وهو يتتبع اعمال كافاليري (Cavalieri) حول الارقام غير القابلة للقسمة ، واعتبر ان مساحات واحجام الاجسام الجامدة مؤلفة من عدد لا ينتهي من الذرات التي ليس لها امتداد . ان بين الادراك والواقع تمتد منطقة نستطيع نحن أدراكها ، ان لم يكن بالحدس فبالحساب .

وبعد اختراع وتطبيق الحساب اللامتناهي في الصغر ، بدأ الاحصاء بهذه المنطقة الوسط التي ليست المظهر المحسوس الخالص، المشبع بالذاتية، ولا هي مجرد بناء مسبق كما هو الحال بالمذهب الذري السائد يومئذ او بعالمٍ غير مستقر .

ويعتبر عمل ليبنز (Leibniz)، مع مبدأ اللامرئيات ، دعوة الى المراقبة الدقيقة ، والى وعي تعقيدات الواقع. ان معنى هذا التعقيد قد خفي على ديكارت . وبهذا المعنى كتب ليبنز Leibniz في كتابه «انيْمادفرسيون»(Animadversiones) عن خصمه الكبير ، انه « اعتبر كأشياء ثابتة ، اموراً غير مؤكدة اطلاقاً ، فهو يضلل القارىء السهل بايجازه التحكمي » .

ومالبرنش (Malebranche) لاحظ ايضاً أن عالم السيّد ديكارت (Descartes) « أجمل من أن يكون واقعياً». أن ماكينة العالم هي اكثر تعقيداً بكثير من ماكيناتنا ، بل حتى من هذه الماكينة الكونية التي نتصور : « ان الطبيعة ليست على الاطلاق مجردة ؛ والأمخال والدواليب في الميكانيك ليست خطوطاً ودوائر رياضية . . . نفترض مثلاً أن الكواكب ترسم بحركاتها دوائر واهليلجات منتظمة تماماً . وهذا غير صحيح على الاطلاق ». لقد تجرأ كبلر (Kepler)، وحطم سحر الدائرة ، فرأى المدار

الاهليلجي للكواكب . وتحرر الفكر من الخرافة بفضل الجيل السابق ،فبدأ الآن يكتسب التعلق بالدقة ؛ لقد ادرك مالبرنش (Malebranche) ان هذه الاهليلجات ليست كاملة ، وفسر نيوتن لماذا لا يمكنها ان تكون كذلك فعلاً .

لقد أخذ العلم الناشيء يبين لـ « سمبليسيو » (Simplicio) ان « الأرض العنصر » لم تكن الا مفهوماً اجتماعياً محققاً . ومع الزمن تبين هذا العلم انه بذاته ، حتى في معادلاته الرياضية ، قد حمل الكثير من العناصر التي يتوجب تحليلها بدورها . وعندها بدأ عصر الملاحظات الدقيقة : تجارب مالبرنش (Malebranche) ونيوتن البصرية ، القياس الدقيق لخط الهاجرة (1671) ، تغييرات في الجاذبية الارضية (1673) ، الملحوظات الجيولوجية لليبنيز (Leibniz)، الخ . واخذ العلم يسلك مساراً حديثاً حقاً .

عالم الميكروسكوب ـ قد نعجب في هذا الجو كيف ان اعمال لوينهوك (Leeuwenhoek)، وان اثارت الفضول الكثير، لم تأخذ ، عند بناء علم العصر ، النصيب الذي تستحقه . ومع ذلك من فعل اكثر منه من اجل تقريب هذا الـ « ما وراء الادراك »؟ .

لا شك أن روبر هوك (Robert Hooke)قد فتح له صفحات «التسويات»«الترانزاكسيون» (Transactions) . الا انه قدم ضد نظرية الجيل الآني العفوي الفجائي ، التي لا يجب ، وقائع مهمة ، الا ان النظرية القديمة ، المهزوزة سابقاً بفعل ريدي (Redi)، لم تتأثر . ولكن لونيهوك Leeu-wenhoek كان على طريق اكتشاف الميكروبات ، ولكن لم يقم اي احيائي بأخذ الاستنتاج . ان الاكتشاف الرئيسي للحيوينيات (Spermatozoides) لم يؤد إلا الى احياء الخصومة بين التكوين المسبق (بالكامل) والتكوين على مراحل (التكون التطوري) . واذا كان لا بروير (La Bruyère) الفرنسي قد فهم ان اعمال لوينهوك (Leeuwenhoek) وسوامردام (Swammerdam) تعطي في النهاية معنىً محدداً للابحاث التقليدية حول العثة (آكلة الثياب) فان العلماء المتفرغين ، باستثناء هوك (Hooke) وليبنيز بالتأكيد ـ وهو فيلسوف « الادراكات الصغرى » ـ قلما ادركوا المدى العام لهذا النهج .

واحد اسباب هذا الفشل النصفي يقع بدون شك على لوينهوك (Leeuwenhoek) بالذات ، الذي كان عصامياً موهوباً ولكنه قليل الاطلاع على المسائل الكبرى . وهناك سبب آخر ولا شك . وكما قال باكون (Bacon) : ان ادراك المحدد يتطلب تعلماً طويلاً . ويتطلب ايضاً الجرأة . والتجريبية التي اخذت تسود بعد موت ديكارت ، لم تعرف كيف تتجرأ . في بداية القرن طرحت الصور الجديدة التي قدمها التلسكوب مشكلة ميتافيزيكية حقة : ماذا يعني هذا الانتقال « من اللا وجود الى الوجود »، فيما خص اشياء لم تكن من قبل مرئية ؟ وقد ضايق هذا الامر غاليلي نفسه حيث تبين صعوبة التنسيق بين هذه الاشياء الجديدة التي استخرجت من العدم حقاً ، وبين موضوع الادراك المباشر الذي كان حتى ذلك الحين الكائن الموجود لوحده . المسألة لم تعد تطرح بعد سنة (1650). على ان الانتقال من المتناهي الصغر الى المعطى المعتاد يبدو اسهل في مجال الافكار الخالصة ـ فيزيائية كانت ام ميتافيزيكية ـ

اسهل مما هـو عليه في مجال الملاحظة والرصد . سُئل لوينهوك (Leeuwenhoek) اذا كان قد شاهد الذرات ، وبناء على جوابه السلبي تركه المنظرون في مواجهة تجاربه . اذ لم يكن احد بعد قـد تصور طول الطريق الباقية ! كتب كلود دوبل (CL.Dobell) يقول : « تمتلك البشرية المعطيات الضرورية، كما تمتلك ايضاً ـ كالمعتاد ـ الفرضيات الملائمة : ولكن مجرى التاريخ بينّ ان المعرفة وان الافكار تضل ابكر من غيرها » .

لا شك ان الفكر العلمي قد نضج بين ديكارت ومالبـرنش (Malebranche) ونيوتـن ، الذي رتب مبادىء الفيزياء على اساس المعطيات الجديدة . ولكن الجنى كان ضخماً مثل جنى الميكروسكوبيين ولذا بقي تقريباً غير مستثمر بكامله .

VI ـ ميكانيسم وديناميسم أو الآلية والحركية

كل المدرسة الجديدة ارادت ان ترى في الطبيعة آلة عجيبة . لقد طردت الارواح والقدرات من الاشياء. كما طـردت الحياة من الحي ايضاً ، كما لاحظ ذلك جورج كانغيلهم (G.Canguilhem). واجرأ التعميمات في هذه المدرسة ، هي ، من غير منازع ، نظرية الحيوانات الالات . ولكنهم بهذا كانوا يحررون الفيزياء من الصور الإحيائية ، فأسسوا علماً احيائياً اوالياً أدى خدمات جلة .

في القرن السابع عشر ، لم تتناول المناقشات هذا المنهج الكلي الجماعي الذي كان ، حسب ما يقال ،مقبولاً لدى جميع العلماء . ولكنهم ذهبوا بعناد يتناقشون من اجل معرفة ماهيـة العناصـر التي بنيت منها هذه الآلة فعلاً .

الجيومترية الديكارتية المسرفة ـ ان الميكانيسم الديكارتي ، بحكم انه ديكارتي ، ذهب بهذا الشأن مذهبـاً خاصاً جداً . فقد تصور ديكارت ، وبقدر استطاعته ، العالم وكأنـه ترتيب مجسـد اي جيومترية . من هنا مماهاته بين المادة والاتساع . وجهله بفكرة الهيولي او الكينونة ، والغمـوض الذي كان يحيط بفكرة الثقل النوعي (الى ان جاء بويـل Boyle) سهّـلا على ديكـارت فضلاً عن ذلـك تعريفه للجسم بابعاده فقط : « ليست الجاذبية ولا الصلابة ولا الالوان . . . هي التي تشكل طبيعـة الجسم بل اتسـاع مداه فقط »(المبادىء 4, II) .

ولكن هذه « الابعاد » تظل في حركة دائمة ، ولهذا توجد ظاهرات ويوجد عالم . لقد وضع الله في العـالم كمية ثـابتة من الحـركة ـ واعتقـد ليبنيز (Leibniz) أنـه اكتشف هنا « خـطأ تـاريخياً عنـد ديكارت » .

هذه الحركة ، اين تكمن وكيف تنتقل ؟ .

وكردة فعل ضد الفيزياء القديمة ، وايضاً كتكوين فكري خاص ، اظهر ديكارت (Descartes) كرهاً لا يقاوم ضد كل ما يمكن ان يشكل قوة « فضيلة » كامنة في الجسم . ان الجسم ليس له بذاته الا بعده فقط . اما ثقله النوعي ، فهو الدفع الواقع عليه من المادة اللطيفة . وايضاً يمكن القول انه يتلقى

هـذه القوة ؟ لان الجسم النمـوذج ليس له أيـة مطاطيـة ؛ ان صـلابتـه هي الجمـود ؛ جمـود الجسم الجيومتري (المحكوم بقانون الارض) .

ومبدأ نسبية الحركة التي اثبتت نفسها منذ غاليلي ، انتهى عند ديكارت الى اقصى نتائجه . لا شك ان ديكارت قد استطاع ان يذهب في هذا المظهر من نظريته الى اقصى الحدود ، لكي يفسر بحذر كيف ان الارض يمكن ان تكون ساكنة داخل دورانها العنيف . ولكن في الاساس كانت هذه العقيدة مفضلة عنده : فهي تنهي « انهاك » الظاهرات ، والمثال بالنسبة اليه يكمن في اعتبار ماكينة العالم وكأنها مصور ضخم حسّن التمفصل او الترتيب .

ومماهاة المادة بالاتسـاع تقتضي عدم وجـود فراغ . لان الفـراغ سوف يكـون « امتداداً بدون امتداد » . كما يقتضي عدم وجود ذرات لان الذرة هي « امتداد غير مرئي » .

ولكن وبالتأكيد ليس العالم صورة مرسومة .من هنا المادة اللطيفة ،« والقوة في السكون » و« الفعل الـذي ينقل » ، ومنـه ايضاً الميكـانيك الـذي ، كما يقـول ر. دوغاس (R.Dugas) ببـراعة « حركيـة الصدمات حركية تجعل من العالم لعبة بليار ضخمة » . ان ديكارت يلمـس هنـا مفهوم الهيولى عنـدما يكتب بان « كلما احتوى الجسم مادة كلما ازداد جموده الطبيعي » . واذا كان قد قرر : « ان الله هو اول سبب للحركة » فان الحركات الخاصة تبقى محكومة « بقوانين الطبيعة »، وهذا يعني العودة الى الاسباب الثانية .

ويبقى ان هذه الجيومترية الاساسية سوف تكون « الخطيئة الاصلية . ولكن كم هي خصبة ، . في الديكارتية»(آ. كواري،) (A.Koyré).انها افلاطونيته الخاصة به ، صورة آله يهندس الارض ، بنى رسمة حلوة واعطى ، احْداثاً للاشيـاء ، للصور حـركات تنقليـة ، حركـات تتواصـل بين رسمـة ورسمة ، ولكنها « مقيمة » أقل ما يمكن في كل من هذه الرسمات . وتجاه الواقع اضطر ديكارت الى الالتواء والانحراف ولكن هذه الرسيمة هي التي حفظها عنه معاصروه وخلفاؤه المباشرون : اثما مالبرنش (Malebranche) وهو ينادي بالعرضية العفوية لم يكن يقصد أبداً البعد عن ديكارت . وليبنز (Leibniz) عندما أعطى للأشياء القوة ، وكذلك نيوتـن ، كانا يعرفان انهما يهدمان كل فلسفة ديكارت .

سكان الفضاء . كان لا بد ، في ظل العالم الصورة المرسومة ، العودة الى البحث عن القوة ، كما هو الحال عند القول بالحيوانات الماكينات ، اي العثور على الحياة .

والتكنيك يتقدم . وسوف يتم ايضاح ماهية هذه القوى السكونية والحركية التي تركها ديكارت في الظل . والتفكير بالاولى اي بقوى الراحة يؤدي الى استخـراج مفهوم الهيـولى ، كما يؤدي من جهـة اخرى الى دراسة منهجية الظاهرات المطاطية : ان الجسم المطلق الجمود لا وجود له عند ديكارت ؛ ان الجسم يقاوم وينقل الحركة لان له بنية ولانـه يعمل مثـل « الزنبـرك » . اما بـالنسبة الى الاخـرين ، فسرعان ما نعلم ، مبتدئين بهويجن (Huygens)، ان القـانون الـديكارتي الثـالث حول الحـركة هـو خاطىء : لان ما يُحفظ في أغلب الاحيان ليس الحركة ، بل القوة الحية ، اي في المنـظور الليبنيزي، نوع من « الفعالية » في المتحرك .

وعن طريقين مختلفين ، تم التخلي عن الجسم الجيومتري الديكارتي ، لقاء اعطاء الاشياء نوعاً من « الحميمية » أي « الذاتية » .

وهكذا لا يُرَدُّ « سكان الفضاء » بحسب الفكـرة التي كونها ليبنـز هو ايضـاً عن ديكارت ، الى « مسـألة « المضمـون المكاني» (Impletio spatii)؛ والى « النـاقـل المكـاني» (Mutatio spatii). ان الفيـزياء الحقـة ليست حركيـة الصدمـات بل هي « ديـنـاميكياً » (نـظرية تفسـر الكون بلغـة القـوى وتفاعلها) .

ولكن اية فكرة سوف تتكون عن القوة ؟ لقد كـان طابـع ديكارت عميقـاً الى درجة ان العلماء الذين تلوه ـ لو توجب عليهم بحكم الضرورة ان يُحْيُوا القوة ـ لاسقط في أيديهم جميعاً، عندما يقتضي الامر تحديد «الحقيقة» .

ليبنيز والعودة الى فكرة القوة ـ لقد كانت المخاطرة اكيدة هنا ، فقد كان العهد قريباً بالقوى او « الفضائل » نصف النفسانية التي كانت في الفيزياء القديمة . خطر لم يتجنبه ليبنيز ، ان لم يكن في فيـزيائـه ، فعلى الاقـل في فلسفته . ان الصـورة المحركـة في كل نـظامه كـانت صـورة « الادراكات الصغرى » ، نقل فلسفي للحساب المتناهي الصغر ، والتي تلعب بالنسبة اليه دور صورة الصدمة في النظام الديكارتي . ولكن هذه الصورة ، للاسف ، لم تعد فيزيائية بل سيكولوجية .

توجد كل الدرجات بين الادراك الواعي والادراك غير الواعي ، الذي هو درجة متناهية الصغر من درجات الوعي . والقوة فيزيائية كانت ام سيكولوجية ، فهي دائماً عفوية ، وحيمية وتـوجه نحـو المستقبل ، وغائية . انها (أي القوة) تحدث في كل مكـان « تغييرات » بالمعنى المدرسي للكلمـة ، تغييرات تربط الحركة المحلية بتحقيق نوعي وغائي . لقد قلب غاليلي وديكارت التعابير ، ولم يعرفا في الفيزياء الا الحركة المحلية . ان التغيير يمثل تعددية في الوحدة . وهذا التمثيل ليس شيئاً آخر غير مـا نسميه « الادراك » . ان ليبنيز قد اخذ على الديكارتيين انهم رفضوا القول بوجود « روح عاقلة ونفس » في الحيوانات ، ولكنه هو نفسه سوف يجد حتى في الاشياء ، مذ أنّ لها وحدة ، نوعاً من الروح . انه بعث للاشكال الجوهرية : « لقد وجدت اذاً ان طبيعتها تقوم على القوة ، وان عن هذا ينتج نوع مماثل للحس وللشهية ؛ وهكذا يتوجب تصور الاشكـال الجوهـرية عـلى شاكلة المفهـوم المتكون لـدينا عن الانفس » .

ان القوى المادية ، كالقوى الروحية ، تتضافر من اجل تحقيق « الانسجام الاولي » مما يتيح اعادة الغائية الى العلم . وهكذا يبني ليبنيز ، حول فكرة القوة الحية ، ميتافيزيا روحانية .

واذا كانت اكتشافات الفيلسوف التقنية ، تضعه في مصاف عظماء العلماء ، فان تأثيره يوشك ان يفسد صفاء الفكر الجديد العلمي . ولكن الفكر العلمي يعرف كيف يدافع عن نفسه ، وبالواقع كما يقـول ر. دوغاس: (R.Dugas) لقـد ساهم ليبنيـز « في جعل فكـرة القـوة ، في نـظر الميكـانيكيـين اليدويين ، فظيعة مخيفة » .

الدينامية عند نيوتن ـ اظهر نيوتن كثيراً من الحذر . فمن اجل اعادة القوة الى فيزياء ما بعد ديكارت اكتفى بالالتزام بالوقائع : واقعة المغناطيسية ، التي سبق لجيلبرت وغاليلي ان اثاراها ؛ واقعة الجذب والدفع الكهربائيين ، المعروفين اكثر بعد اوتو دي غيريك (Otto de Guericke) ؛ قوة البعد عن المركز ؛ الجاذبية الارضية ، التي سوف تُرَدُّ اليها جاذبية الكواكب ، موحداً بهذا العمل ، الفيزياء السماوية والفيزياء الارضية . ومن المحال تكوين فيزياء بدون هذه القوى الموجودة في كل مكان . وكان نيوتن من القائلين بالذرية مثل غاليلي وهويجن (Huygens) . ان الاجسام الحقة ليست بمعزل عن بعضها البعض ؛ كما هو حال الاجسام الجيومترية عند ديكارت . ولكن « جزئياتها الصغيرة » تعمل بعضها ببعض ، « بفعل جذب الجاذبية الارضية ، وبفعل المغناطيسية ، وبفعل الكهرباء » وقد يكون هناك قوى اخرى جذابة نحن لا نعرفها (اوبتيك ، كيري (Query) 31) .

كانت السِمة الديكارتية قوية وظلت كذلك حتى انها لم تحتج الى المزيد لكي تطلق العواصف . فقد انتفض نفسه ضد « قوة الجذب » (Vis Attractiva) واطلق ضد نيوتن مقالة « آنتيباربـاروس فيزيكوس» (Antibarbarus) ، ضد « اعادة احياء الصفات المدرسية والقوى الاوهامية » . حتى هويجن (Huygens) وهو من القائلين بالدينامية ، رفض القوة الملتبسة التي قال بها ليبنيز (Leibniz)) كما رفض قوة الجذب التي بدت له « تضليلاً » . اما مالبرنش (Malebranche) ، فقد أعلن ان العلماء يقعون في السخف ان هم افترضوا حركات جذب وقدرة جاذبة لكي يفسروا لماذا تتبع العربات الخيول التي تجرها .

وحتى عند نيوتن بالذات ، نشعر بضيق انسان عصره تجاه مجموعة من المصطلحات لم تتوضح بعد . على العالم ان يفترض هذه القوى فهل هي حقاً حقائق واقعية ؟ ظاهرياً هو متردد . فهو حتى مثل خصومه الديكارتيين ، لا يقبل بالعمل ، من بعيد ، بين جسم وجسم . ان الجذب والدفع لهما سبب لا يكمن في هذه الاجسام بالذات . ولكن ليس للفيزيائي ان يهتم بالامر . ولهذا فقد ذكر في المقطع من « اوبتيك » الذي اوردناه موضحاً في الحال : « انا لا اتفحص هنا ما هي اسباب هذا الجذب المكنة . . . انني لا استعمل هنا هذه الكلمة جذب الا لاقصد على العموم قوة ما ، بها تنزع الاجسام نحو بعضها البعض ، مهما كان السبب» . وفي بداية « المبادىء » (Principia) كتب يقول انه يعتبر هذه القوى « رياضياً لا فيزيائياً » . ومع ذلك ، وفي «السكوليوم جنرال » (Scholium generale) ، لم يستطع التسليم بانكار كل حقيقة « فيزيائية » لهذه القوى التي بدونها لا يمكن بناء الفيزياء . « ويكفي ان تكون الجاذبية الارضية موجودة حقاً ، وانها تعمل بحسب القوانين التي عرضناها ، حتى تكفي [لتشرح] كل حركات الاجسام السماوية وحركات بحرنا » . وهكذا بدت القوى الجاذبة « حقائق » بمقدار ما انها تستخدم بالايحاء (Par induction) لتفسير الأحداث . انها ليست اسباباً بالمعنى الميتافيزيكي للكلمة . وهي ليست أيضاً مبادىء ضرورية بمعنى المبادىء الديكارتية لسنة 1644 ،وهذا ما يُقْصُدُهُ كتاب « الفرضيات غير الملموسة » (Hypothèses non fingo) .

هذه القوى ذات الطبيعة ، أو ذات السبب ، الذي يتجاوز الفيزياء ، تتضافر مع ذلك ، لتشكل

كلاً منظماً ، هو العالم . ان الدينامية كمبدأ اتاحت لليبنيز ، كما لنيوتن ، ان يعيد الغائية الى الطبيعة ، وان يعثر على الله (خالق الكل Pantocrator) في الفلسفة الطبيعية اي في ذروة الفيزياء . وقد عرضت الميكانيسمية الديكارتية كخميرة الحادية . وقد يراودنا الاعتقاد بان تردد نيوتن في اعطاء « واقع » لهذه القوة ، التي هي مع ذلك معطىً اكيد بالنسبة الى المجرّب ، انما كان ببساطة من اجل السعي الى العثور ـ دون توفيق ـ على التمييز الكانتي بين الواقعية التجريبية والمثالية المتعالية . ومن الافضل ان يقال انه بالنسبة الى نيوتن ، وهو ذو روح عميقة التدين ، يبدو العلم والميتافيزيا متلازمين متضامنين

مالبرنش Malebranche ـ ولكن مالبرنش سبق ان ذهب إلى أبعد في تكوين علم مستقل . انه يعرف تماماً انه من الواجب عند ديكارت اصلاح فيزياء الصدمة ، وقوانين الحركة وانه يجب قبول دور القوة الحية . ولكنه يبقى ، بدون جدال ، ديكارتياً ، حين يرفض بأن يزج الفيزياء في ميتافيزياء القوة وفي ميتافيزياء السبب عموماً . كتب نيوتن يقول انه «يقبل بالجذب بمقدار ما يظهر في الاحداث مهما كان سببها» . ولكن هذا السبب يبقى موجوداً بالنسبة إلى العالم النيوتني ويؤدي به إلى لاهوت « تيولوجيا » « السكوليوم جنرال » (Scholium generale) . وتبدو عبارة مالبرنش (Malebranche) اكثر تجذراً حين تقول : « ان القوانين تبدو فعالة ، فهي تتصرف ، اما الاجسام فلا تتصرف » . فهي بهذا تعطي صيغة الوضعية العلمية ، وتقبل بشرعة الواقعية التجريبية . الميتافيزيكي عنده الاسباب ، والعالم عنده القوانين ، والقوانين فقط .

لا شك ، كما بيّن ذلك مايرسون (Mayerson) ان العالم ، في ظل « القانون » المالبرنشي ، يبحث دائماً عن « الجسم » النيوتني ، ويبقى ان « الظرفية »[« الفرضية »] كانت في القرن السابع عشر شكلاً من الفكر العلمي الشديد الجدة والشديد « الحداثة » .

فالظرفية ، اذا طبقت على مسألة علاقات الروح بالجسد ، فهي تعطي صيغة التوازي السيكولوجي ـ الفيزيولوجي ؛ ان العلم يبدو وكأنه استخلاص (Synthèse) مجالات علمية مستقلة . كل مجال منها يتلاءم مع سلسلة من الاحداث ، انما يجب ان تتضافر كلها للالتقاء لان هذه السلاسل المتنوعة في الطبيعة « لا تشكل معاً الا كلاً مجملاً » : اما في الفيزياء ، فان الصراع بين القائلين بالآلية (mécanistes) والقائلين بالدينامية او القواتية ، سوف يهدأ في القرن التالي ، حول حلول اقترحها مالبرنش .

من جيلبرت الى نيوتن ـ ان الكلام باطلاق عن الروحية العلمية وعن المناهج العلمية في القرن 17 يعني تجاهل تنوعها المدهش وتقدمها المستمر . لقد بدأ القرن بالامل الباكوني وبكتاب جيلبرت « دي ماغنيت » (De magnete) الذي سوف يشير اليه باكون (Bacon) نفسه في بحث ما زال موسوماً بفيزياء الاشكال . وقد ألحت الحاجة من أجل التفهيم إلى خلق اطار توضع فيه ملاحظات كانت يومئذ ما تزال متناثرة ونادرة . فبين « المجموعة الفيزيائية » التي ظلت تحتفظ بالصفة الارتجالية الموسوعية

من القرن 16 ، وبين المختبر ، كما هو الحال بين « دي ماغنيت » و« المبادىء » (Principia) النيوتنية لسنة 1678 يقع البناء الغاليلي و« المسبق » (Apriori) الديكارتي . وبدون كل هذا ما كان شيء ليكون . لقد حاول ديكارت عملاً عظيماً ولكنه كان كثير التفاؤل . وهنا ايضاً يبدو التطور مدهشاً بين الانكسار الضوئي (Dioptrique) سنة 1637 مع هذا النور الذي يشكل « عصا » اي خطاً هندسياً ، وفقاً للمثال « العالم صورة » وبين (Opticks) اوبتيك [= بصريات] سنة 1704 ، حيث يتقدم العالم خطوة خطوة وهو يراقب ويجرب. ولكن المراقبة والتجريب ينتظمان بعد الآن ـ واولاً في المبادىء ـ حول تعاريف ، اطرها الجامدة والواضحة تدل بان المجلوب الجديد، هذه الافلاطونية الرياضية ، المصممة في فلورنسا او في الاقامات التجوالية في هولندا ، لن ينتسى ابداً . وقد وجد مثل هذا التطور ، انما بصورة اكثر سرية ، في مجال علم الاحياء (بيولوجيا)، بين موسوعة الدروفاندي (Aldrovandi) ومعالجات جون ري(John Ray) . ان العلوم المحددة ، المشجعة والموجهة بفضل تقدم الفيزياء ، اخذت تتكلم لغة وضعية ، ان الطريق قد وجدت والباقي لم يعد الا مسألة وقت ونضج .

الكتاب الأول :

العلوم الرياضية والفيزيائية

الفصل الأول :
من الجبر الرمزي إلى الحساب اللامتناهي

De l'Algèbre symbolique au calcul infinitésimal

لا يمكن درس تقدم العلوم التجريدية في القرن السابع عشر دون أن نشير الى رابطها القوي بالعلوم الطبيعية .

والعلماء اصحاب الفكر التحليلي امثال فيات (Viéte)، وفرومات (Fermat) أوديكارت قد اهتموا ، لا لاسباب مادية ، بل محبة منهم ، أما لعلم الفلك ـ وبهذا بدأ فيات (Viète) ـ أو محبة بالميكانيك أو محبة بالاوبتيكا أو علم البصريات .

ورجال من أمثال غاليله وكبلر (Kepler) قلما درسوا الرياضيات بذاتها الخالصة ، لعبوا مع ذلك في تطويرها دوراً من الدرجة الاولى . من ذلك ،ونعطي مثلاً وحيداً، ان الاكتشافات الفلكية التي اكتشفها غاليله ـ اكتشافات 1610 بفضل استعمال الناظور ـ سوف تخلق نوعاً من الولع تجاه الدراسات البصرية ـ وخاصة انكسار الضوء ـ كما سوف تحمل على قراءة وعلى تأمل (Ad Vitellio nem Paralipomena) وهو كتاب دونه كبلر (Kepler) سنة 1604 ، او كتابه انكسار الضوء (Dioptrice) في سنة 1611 . وهذا أدى الى العودة الخصبة الى دراسات قطع المخروط مما أثر بصورة عميقة في اعمال ديكارت وغيره .

واذا نحن خصصنا فصلاً بالرياضيات المحضة ، فيجب ان لا يغيب عن ذهننا ما في هذا الاسلوب من تصنع ، والتذكير دائماً ان اي وسط علمي يشكل كلاً منتظماً، يكون من الخطر تقسيمه عن طريق تحليل مختلف مظاهره .

I ـ تجديد العلوم الجبرية

علم المثلثات او التريغونومتريا ـ نحن نبدأ دراستنا بعلم المثلثات الذي له علاقات وثيقة بعلوم الطبيعة ، وبالاسترونوميا او علم الفلك وبالاوبتيكا او علم البصريات ، وازدهار علم المثلثات تم في القرن السادس عشر المنتهي ، وفي النصف الاول من القرن السابع عشر . فقد قام فرانسوا فيات (Viéte) (1540– 1603) وهو رجل قانون وملاحق دعاوى ، بنشر قانون الرياضيات Canon

Mathematicus سنة 1579 ، وقد دامت طباعته ثماني سنوات وفيه جدول بالعلاقات التريغومترية مستكمل بقسم نظري :

F. Vietaci universalium inspectionum ad Canonum Mathematicum liber singularis .

ويدل الترتيب الموفق للقاعدات ، وفقاً لجداول واضحة جداً ، على بواكير العلامات الجبرية المستقبلية لدى مؤلفه . ومن جهة اخرى ركز فيات على فوقية القسمة العشرية بالنسبة الى القسمة الستينية .

لا شك ان بناء الجداول قد ارتبط بضرب وبقسمة الاقواس الدائرية ، حيث وجد فيات (Viéte)، في مدى حياته موضوعاً مفضلاً عنده . لا شك ان اخرين سبقوه في هذا الطريق . كما ان تلامذته كانوا متعددين ومنهم جوست برجي (Jost Burgi) (1552– 1632) . واشهر تلامذته ربما كان ادريان فان رومن (Adriaan van Roomen) و 1561 –1615) الذي كان استاذاً شهيراً . وفي سنة (1593) طرح فان رومن (Van Roomen) على كل الرياضيين في العالم المسألة التالية :

« اذا كان الحد الاول من سلسلة هو بالنسبة الى الحد الثاني كنسبة : (1) 1 إلى

45 (1) — 3795 (3) +95634 (5) — 1138500 (7) — 7811375 (9) + . . . + 945 (41) — 45 (43) + 1 (45)

وان الحد الثاني محدد، اوجد الاول. . » مثل : الحد المعطى هو :

R. bin. 2 + R. bin.2 + R. bin. 2 + R. 2.

والحل « R. bin. 2 – R. bin.2 – R. bin2 + R. bin 2 + R. bin.2 + R.3.

وبالترقيم العصري ـ استعمل فان رومن (Van Roomen) هنا ترقيمات ستيفن (Stevin) ـ المهم حل المعادلة : $x^{45} - 45x^{43} + 945x^{41} - \ldots + 45x = a$.

هنا

$$a = \sqrt{2+\sqrt{2+\sqrt{2+\sqrt{2}}}} \quad \text{و} \quad x = \sqrt{2-\sqrt{2-\sqrt{2+\sqrt{2+\sqrt{2+\sqrt{3}}}}}}$$

وقد وجد فيات (Viète) الحل العام [عندما تكون $a \leqslant 2$]: (Ut legi, utsolvi) والمعادلة المقترحة بشكل نسبة من قبل خصمه تترجم المسألة كما يلي : في دائرة شعاعها 1 ، اذا كان مستقيم القوس معيناً ، اعثر على المستقيم الواقع تحت جزئه الـ 45 .

وكان للجواب الصاعق « لامير الهواة » في عالم العلماء دوي ضخم .

والحالة التي يكون فيها الثابت a اعلى من 2 ، حلها فرمات (Fermat) فيرسالة ارسلها الى كريستيان هويجن (Christiaan Huygens)، بالمقارنة مع حالة المعادلة من الدرجة الثالثة . فقد بين

فيات (Viète) بهذاالشأن ، وتبعه في ذلك البير جيرار (Albert Girard)، ان كل معادلة في الدرجة الثالثة ترد الى القطع الثلاثي للزاوية ، والى دمج متوسطين هندسيين . وهنا ، بالنسبة الى الدرجة 45 ، نعود ، عندما تكون : 2 > u الى ادخال 44 متوسّطاً .

ومن المعلوم ان فيات (Viète)، وهو يجيب على فان رومن (Van Roomen)،اقترح عليه بناء دائرة تماسية مع ثلاثة دوائر معينة . وقد عمم حل فيات (Viéte)، فيما بعد، من قبل فرمات ليشمل تماس الكرات ، ومن قبل باسكال (Pascal) بحيث شمل مماسات المخروطات .

أما حل رومن (Roomen) ، وقد أخذ عليه فيات (Viéte) انه لم يكن «مسطحاً»، فقد رد ، من قبل نيوتن الى بناءات بواسطة المسطرة والبيكار .

وهناك مشكلة اخرى يمكن ان ترتبط بحساب الجداول التريغونومترية والتي اثارت حماس الاوساط العلمية في ذلك العصر ، الا وهي مسألة حساب الـ «بي» π أو تربيع الدائرة . واندفع عدة مربعون طوباويون في هذه المغامرة دون أن يكونوا على علم كافٍ بالنظريات . ويمكن أن نذكر من بينهم : جوزيف سكاليجر (Joseph scaliger) (1540 – 1609) الذي اسكته رومن (Roomen) وفيات (Viète) وأجبراه على الالتزام بالتواضع والانضباط . وكذلك سيمون دو شسن (Simon du chesne)، وفان در ايك (Van der Eycke)، وهو مهندس من مدينة دول . وقد وقع هو ايضاً في الاخطاء الفادحة التي اكتشفها ادريان انطونيز (Adriaan Anthonisz) (1543 ? 1620) ـ والد ادريان ماتيوس (Adriaan Metius) (1571 – 1635) ـ ولودلف فان سولن (1540– 1610) (Ludolph van ceulen)

لقد حسب فيات π الى 10 أرقام عشرية صحيحة . وبدأ لودولف (Ludolph) حساباته سنة 1586 ،متبعاً طريقة ارخميدس (Archimede) بعد تكيفها مع التوقيم العشري . وقد اتاحت النتائج الاولى التي حصل عليها ، لادريان انطونيز Adriaan Anthonisz ان يثبت ان π تقع بين 3 15/106 و 3 17/120 وان يستنتج من ذلك التقريب الممتاز المسمى تقريب ماتيوس Metius : 355/113 .

وفي سنة 1593 قدم فان رومن Van Roomen 15 عدداً عشرياً صحيحاً. وفي سنة 1596 قدم لودولف Ludolph 20 عدداً. وبعدها قامت أرملته بنشر تقريبه، في سنة 1615 حيث بلغ 32 عدداً عشرياً كلها صحيحة .

وفي سنة 1593 ترجم فيات Viète أساليب التقريب القديمة بأول ألغوريتم لانهائي معروف : فقد مثلت علاقة المربع بالدائرة المحيطة به $(2/\pi)$ بالحاصل اللامحدود التالية :

$\sqrt{\frac{1}{2}}\cdot\sqrt{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}}}\cdots$ ، حيث كل عامل f_n مستخرج من السابق بالمتكرر : $f_n =$
$f_n = \sqrt{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}f_{n-1}}$

ان تقنية ارخميدس المملة قد حسنت بملاحظات بارعة قام بها فيات (Viete) وسنيل (Snell) ،

وكان لهذه الملاحظات نتيجة في كتاب هويجن (Huygens) الصغير : de circuli magnitu- (1654). dine inventa هذا الكتاب يسكر حقبة ارخميدس حول تربيع الدائرة ويفتح الحقبة الحديثة بالمعادلة غير المحدودة التي قال بها فيات (Viète) .

وفي مجال التريغونومتريا الكروية وضع فيات (Viete) الصيغ المسماة : « مشابهات نيبر » (Néper) واستعمل المثلث القطبي . وقد حسن ويل برور سنيل (Willebrord Snell) ، اوسنيليوس (Snellius) (1581 – 1626) ، الذي قاسم ديكارت اكتشاف قانون انكسار الضوء ، حسن استعمال المثلث القطبي .

ومن جهة اخرى حمل التراث البصري عند ويتلو (Witelo) ، حمل هاريوت (Harriot) وبريكز (Briggs) والبير جيرار (Albert Girard) وكفالياري (Cavalieri) على دراسة مساحة المثلث الكروي ، التي كان ويتلو (Witelo) قداشار اليها كمقياس للزاوية المجسمة . واذا كان الجميع ـ وقد سبقهم شارح مجهول للعالم في البصريات ، من القرن الثالث عشر ، ربما كان ريجيو مونتانوس Regiomontanus) ـ قد عرفوا نسبة المساحة ، الى التجاوز الكروي او تجاوز مجموع الزوايا ، لزاويتين قائمتين ، فإن كافاليري (Cavalieri) هو الذي قدم تبياناً شبه كامل تقريباً .

الجبر الحروفي ـ حاول فيات وهو الضليع في جيومترية الاقدمين وكذلك في جبر القرن 16 ، ان يعثر على اسلوب البحث والتحليل عند الجيومتريين الاقدمين ، واعاد تكوين كتاب التماس لأبولونيس (Apollonius) في كتاب ابولونيوس غالوس (ApollonuisGallus) (1600) . وبذات العقلية اصدر سنيل (Snell) سنة 1608 آبولونيوس باتافوس (Apollonius Batavus) حول مقطع السطح والمقطع المحدد . ونشر م . غيتالدي دي راغوس (M.Ghetaldi du Raguse) ، تلميذ فيات (Viéte) ، الضليع في تحليل الاقدمين ، من بين كتب اخرى ، سنة 1607 ، كتاب آبولونيوس رديفيفوس (Apollonius redivivus) تأليه (Divination) لكتاب الانحرافات .

وعمل الاكتشاف الحديث لاعمال ديوفانت (Diophante) في الجبر ، عمل الحافز بالنسبة الى أفكار فيات (Viète) ، فقد اثبت هذا الاخير التشابه الاساسي بين مجال الجبر العددي عند ديوفانت (Diophante) وكاردان (Cardan) تارتغليا (Tartaglia) ، وبومبلي (Bombelli) ، وستيفل (Stifel) ، وبين مجال التحليل الجيومتري ، الذي يبقى ضمنياً داخل الشروحات المستخلصة من اقليدس ، وارخميدس ، وبصورة خاصة ، من ابولونيوس (Apollonius) ، ومنها كتابات بابوس (Pappus) التي عثر عليها في هذه الاثناء (ط 1 1588) وكلها تعطي فكرة اكثر وضوحاً .

ولترجمة هذا التشابه ، اخترع « منطقه الرمزي المموه » أو فن الحساب على اساس الرموز او الانواع ، التي تمثل الابعاد سواء الجيومترية ام الحسابية .

وقد قسم التحليل الى ثلاثة اقسام اساسية . وكان « منهج التحليل الاستكشافي » [زتيتيك] أو فن البحث عن المسائل يقوم على اعتماد رمزية تتيح ، بآن واحد ، تسجيل الابعاد المجهولة والابعاد

المعلومة ، وشرح الروابط التي تجمعها ، ثم استخلاص المعادلة التي ، بشكل تجريدي ، تلخص المسألة المطروحة ، وبدا عندها التحليل الواعي (Poristique) الذي يدرس ، ويحول ويناقش هذه المعادلة . وقد حلَّ اخيراً ، التأويل ـ أو التحليل التفسيري (Réthique) ، بعد العودة الى المسألة المحددة، المعادلة ، اما بواسطة بناءات اذا كان الامر يتعلق بجيومترية ، او بحسابات عددية اذا كان الامر يتعلق بالحساب .

ونتعرف في هذه المبادىء على المناهج الخاصة بالرياضيات الحديثة التي أسسها فيات (Viète) ، بعد جهد ، ربما كان شاقاً ومغلقاً ، بالنسبة الى غالبية معاصريه ، الا انه جهد سوف يولد تياراً في النصف الاول من القرن 17.

وقد دون كل المقادير التي تدخل في اية مسألة بواسطة احرف تاجية لاتينية ، اما احرف المد فتدل على المجهولات والصوتية تدل على المعطيات . وكان حجم كل مقدار مبيناً بصورة منهجية .

مثلاً ان المعادلة التي نكتبها بهذا الشكل : $x^3 - 3bx^2 + (3b^2 + d)x = c + db + b^3$ كتبها فيات كما يلي :

E cubus
— B in E quadr. ter.
+ B quadrato ter } in E } aequabitur { Z solido
+ D plano } in E } aequabitur { + D plano in B
+ B Cubo

من بين كتاباته ، التي اثرت تأثيراً كبيراً هناك : كتاب Zetelicorum libri quinque (1593 ، ترجمة فرنسية 1630) ، حيث استعيدت مسائل ديوفانت (Diophante) في تدوينات المنطق الرياضي الرمزي التمسوبي ، وكتاب (De Numerosa potestatum purarum atque adfectarum...1600) . وفيه ظهرت أول طريقة منهجية لحل المعادلات عددياً . وكتاب : (De ac. quationum Recognitione, 1615) وهو كتاب اساسي بالنسبة الى نظرية المعادلات الجبرية ، وأخيراً كتاب : ...In Artem Analyticam (1591 ومنه ترجمتان فرنسيتان سنة 1630) ، كتاب صغير حيث يجمل تحليل فيات (Viète) محدود ومعروض .

وعندما اخرج فان شوتن Van schooten ، سنة 1646 ، الطبعة الوحيدة الكاملة تقريباً ، لمؤلفاته ، كان تأثير الرياضي الكبير قد اعطى منذ زمن طويل ، جوهر ثماره ، ولم تعد له الا فائدة تاريخية فقط .

ويقاس هذا التأثير بصورة افضل عند مقارنة النتائج الحاصلة حول ذات المواضيع . من قبل تلامذة فيات (Viète) : فرمات (Fermat) وروبرفال (Roberval) ومن قبل كافاليري (Cavalieri) وتوريشلي (Torricelli) اللذين لم يألفا مناهج فيات . وبفضل ذات المهارة الجيومترية وذات المعارف

العامة ، سبق هذان الاخيران الى حد بعيد غالباً من قبل الفرنسيين او حتى من قبل بوغران (Beaugrand)، وهو تلميذ آخر لفيات (Viète) .

نظرية المعادلات الجبرية ـ ان اعمال الجبريين ، من القرن السادس عشر ـ وخاصة اعمال المدرسة الايطالية ـ المطلعين بشكل فريد على تقنية فيات (Viète) ، هذه الاعمال الملخصة والمكثفة في كتاباته ، وبخاصة في كتاباته المنشورة بعد موته ، والتي نشرها اندرسون (Anderson) في باريس سنة 1615 ، قد اتاحت في القرن 17 ازدهار نظرية في المعادلات الجبرية ذات اهمية حاسمة .

من الصعب هنا توضيح ما قدمه كل منهم . في سنة 1608 اكد بيتر روث (Peter Rothe) على وجود (n) جذور في كل معادلة درجتها (n) . وبسط هاريوت (Harriot) (1560 — 1621) في كتابه الذي نشر بعد موته سنة 1631 ، ترقيم فيات (Viète). بعد تخفيفه من اعتبارات التناسق ، وبعد استبدال الحروف التاجية اللاتينية بأحرف صغيرة . وهكذا ابرز العلاقات بين المعاملات وبين الجذور .

وفي سنة 1629 ، جعل البير جيرار (Albert Girard) (1595 — 1632) من هذه العلاقات اساس النظرية . ولاعطاء هذه العلاقات كل عموميتها ، قبل الحلول السلبية ، وحتى الحلول الخيالية ، في معنىً اكثر غموضاً ولكنه اكثر اتساعاً من المعنى الذي التزم به بومبيلي (Bombelli) سنة 1572 . فوضع نفس المبدأ الذي وضعه الاب روث (P.Rothe).

وعندما نشر ديكارت سنة 1637 كتابه « جيومتريا » كملحق لـ« خطاب حول النهج »، عرض في الكتاب الثالث نظرية المعادلات الجبرية ، كما يفهمها . الا ان افكاره ، المشابهة جداً لافكار هاريوت (Harriot) أو افكار جيرار (Girard) بدت مستقلة عنها ، اما كتابه فيلخص اعمالاً مستقلة شخصية ، تعود احياناً الى سنة 1620 .

وهكذا تحدد الترقيم . وهو الترقيم الذي نتبعه نحن : حروف صغيرة ، والاحرف الاخيرة من الالفباء مخصصة للمجهولات ، ترقيم استثنائي مأخوذ عن ستيفن (Stevin) وبومبلي (Bombelli) وشوكيه (Chuquet)، انما مدموجة مع الترقيم الحروفي : $x^3, a^3 b$ ؛ ثم اعتماد اشارة تساوي : ∝ ، الخ .

أما المبادىء الاساسية فمعروضة كما يلي :

1- « . . . في كل معادلة ، وبمقدار ما تكون الكمية المجهولة ذات ابعاد ؛ بمقدار ما يمكن ان يكون فيها جذور متنوعة . . . اذ، مثلاً ، اذا افترضنا $x = 2$ أو $(x - 2)$ لا يساوي شيئاً ، وبعد ذلك $(x - 3 = 0...)$ ، وبضرب هاتين المعادلتين : $(x - 2 = 0)$ و$(x - 3 = 0)$، الواحدة بالاخرى نحصل على :

$(x^2 - 5x + 6 = 0)$ أو على $(x^2 = 5x - 6..)$.

ولكن في أغلب الاحيان ، يحدث ان بعضاً من هذه الجذور يكون خاطئاً أو أقل من لا شيء ؛ كما لو افترضنا ان x يدل ايضاً على عدم وجود كمية مثل 5 مثلاً ، فيكون : $(x + 5 = 0)$.

-2 « . . . نرى بالتأكيد من هذا أن مجموع معادلة تتضمن عدة جذور، يمكن أن يقسم على ذي حدّين Biñome مؤلف من الكمية المجهولة ناقص قيمة واحد من الجذور الحقة ، الذي قد يساوي أو يزيد عن قيمة جذر من الجذور الغلط أو الخاطئة ؛ وبهذه الوسيلة يتم انقاص احجام هذا المجموع . . . » .

-3 « ونعرف من هذا ايضاً ، كم يمكن أن يوجد من جذور حقة ومن جذور خاطئة في كل معادلة : فالحقة تكون بمقدار ما هنالك من علامات + و — في المعادلة تتغير كل مرة ، اما الجذور الخاطئة فتعادل المرات التي تتابع فيها علامتان + مع علامتين ناقص » .

-4 « . . . من السهل ان نجعل ، في نفس المعادلة ، كل الجذور التي كانت خاطئة تتحول الى صحيحة ، وبذات الاسلوب كيف تتحول الصحيحة الى خاطئة ، وذلك بتغيير كل الاشارات + أو — الموجودة في الموقع الثاني او الرابع او السادس او غيرها من المواقع التي تعرف بالعدد المزدوج. . . وانه وبدون ان نعرف قيمة جذور معادلة ما، اذا اردنا زيادة هذه المعادلة او انقاصها بأية كمية معروفة ، يكفي فيها افتراض حد آخر مجهول، اكبر او أصغر من هذه الكمية ثم احلال هذا الحد الجديد محل الاول وفي كل موضع » .

-5 « ولكن ، ومن خلال هذا الاسلوب في تغيير الجذور دون معرفتها تمكن معرفة شيئين يكون لهما فيها بعد بعض المنفعة . الشيء الاول انه بالامكان طرح الحد الثاني من المعادلة المدروسة »

-6 « . . . والشيء الثاني. . . هو بالامكان دائماً ، عن طريق زيادة قيمة الجذور الحقة لكمية هي اكبر من اية كمية لاي جذر من الجذور الخاطئة ، جعلها لتصبح كلها صحيحة ، بحيث لا يكون هناك على الاطلاق علامتا + علامتا + أو علامتا — متلاحقتان ، وعدا عن ذلك ان تكون الكمية المعروفة في الحد الثالث اكبر من مربع نصف كمية الثاني. . . » .

-7 « فضلاً عن ذلك ، من الممكن ، بدون معرفة قيمة الجذور الحقة في المعادلة ، ضربها أو قسمتها كلها بـ أو على مطلق كمية معروفة . . . الامر الذي يساعد على تحويل الكسور ، أو غالباً ايضاً ، الاعداد الصماء الموجودة في بنود المعادلات الى اعداد كاملة وجذرية .

-8 « ثم ، طالما ان الجذور الحقة وكذلك الجذور الكاذبة ليست دائماً واقعية ، بل خيالية في بعض الأحيان ، فإنه بالإمكان دائماً تخيل ما نشاء منها في كل معادلة ، على أن لا تكون هناك ، احياناً ، اية كمية تتوافق مع الكميات التي نتخيل ؛ كما يمكن ايضاً ان نتخيل ثلاثة منها في هذه المعادلة : $(x^3 - 6x^2 + 13x - 10 = O)$. وعلى كل لا يوجد فيها الا واحدة واقعية هي (2)، اما الاثنتان الباقيتان ، فمهما زدناهما أو نقصناهما او ضربناهما وفقاً للاسلوب الذي فسرناه ، فليس بالامكان تحويلهما عن أن تبقيا خياليتين » .

9- يشير ديكارت اخيراً كيف يمكن العثور على الجذور القياسية(Racines rationnelles)في معادلة ذات معاملات قياسية .

تعنى تتمة الكتاب الثالث ببناء الجذور عن طريق تقاطع خطين منحنيين ، كما تعنى بقاعدة ديكارت من اجل حل معادلة من الدرجة الرابعة ، وذلك بعد مساواة طرفها الاول بحاصل ضرب ثلاثيَّيْ الحدود (Trinomes) من الدرجة الثانية .

في هذه الخلاصة المدهشة عن حالة نظرية المعادلات في سنة 1637 ، خلاصة حيث لا يوجد اي دليل واضح ، ولكنها مزودة بالعديد من الامثلة ، التي ، والحق يقال ليست عطاء اصيلاً من المؤلف . النقطة التي رقمناها 1 موجودة في البيرجيرار (Albert Girard)، و2 معروفة عن كاردان (Cardan) وعن كل الجبريين اللاحقين و4 و5 و6 و7 قد وسعها فيات (Viète)، و9 واردة عند جاك بلتيه (Jac-ques Peletier)، وحدها « قاعدة ديكارت » 3، قد سبق اليها بصورة غامضة كاردان (Cardan) وهي ابتكار شخصي من الفيلسوف . ولكن الثامن حيث دخلت جذور وهمية ، وهي فكرة أوحى بها جيرار يدلنا كم كانت غامضة افكار ذلك العصر حول النقاط المهمة .

ان المبادىء التي عرضها ديكارت سوف يتم شرحها فيما بعد ، خاصة من قبل تلامذته الهولنديين من مدرسة شوتن (Schooten): ومن قبل نيوتن (Newton) الذي وضع القوانين المتواترة التي تعطي مجاميع مثقلات (Pussances) الجذور ، والتي سبق ذكرها بالنسبة الى المثقلات الاربع الاولى ، عند البير جيرار (Albert Girard) .

أما فيما خص الحل الفعلي للمعادلات ، فقد رأينا ان فيات ، ضمَّنها داخل التحليل التفسيري المقسوم هو ايضاً الى عددي وجيومتري . وديكارت ، كمنظر خالص ، وهاوٍ للمطلق ، لم يهتم بالقسم الاول من هذا التحليل . وقدم فيات سنة 1600 اسلوب حل عددي مقارب . وقد استكمل هذا الأسلوب من قبل تلميذيه الانكليزيين هاريوت وأوترد (Harriot et Oughtred) (1574-1660) ثم ساعد على ولادة أسلوب التقريب عند نيوتن ، أسلوب ما يزال يستخدم حتى أيامنا .

انشاء الجيومتريا التحليلية ـ لاقى تطبيق تحليل فيات على الجيومتريا نجاحاً باهراً في خلق الجيومتريا التحليلية (والتعبير يعود بتاريخه الى بداية القرن التاسع عشر) من قبل ديكارت وفرمات ، حوالي نفس الحقبة ، وبصورة مستقلة ، بين الاثنين .

واستعمل الرياضيان ، بالمناسبة ، المنطق الرمزي المموه لتحليل المراكز الجيومترية (نقاط التلاقي) وبخاصة في المخروطات ، كما بدا (هذا المنطق) عند ابولونيس (Apollonius)، وبابوس (Pappus) . ومع ذلك يوجد بينهم فروقات ملحوظة ، في ترجمة التقنيات القديمة الى لغة جديدة . ويبدو فرمات هنا ، كما في كل اعماله ، أميناً لترقيمات ولتعابير فيات . اما ديكارت فقد كوَّن لنفسه لغته وترقيماته ، بمعزل عن التراث المباشر للجبري العظيم . واذا كان قد تأثر به في هذا المجال ،

فبشكلٍ مبهم ، وبفضل الوسط العلمي العام . وقد ظل اقرب الى الجبر العددي مستعملاً تعابيره ذاهباً بالمحاكاة بين المجالين الى حد التماهي اللغوي .

ولد فرمات في « بومون دي لوماني » (Beaumont– de – lomagne) سنة 1601، وعمل محامياً ، ثم بعد 1631 قاضياً في تولوز ومات في كاستر في 12 كانون الثاني 1665 . وكان هانئاً في حياته التي ربما بقيت مغمورة لولا عبقريته الرياضية : وككل سابقيه المباشرين ، تتلمذ على الاسكندرانيين العظام وحاول من جانبه ان يعيد تكوين الامكنة المسطحة (Lieux plans) التي وضعها ابولونيس (Appollonius) .

واعاد هذا التكوين ، حوالي 1629، وعمره 28 سنة ، وفقاً لطراز قديم خالص . ولكنه في قطعته، القصيرة جداً مثل كل محاولاته، وهي (Ad locos planos et solidos isagoge)، والتي يعود تاريخها الى سنة 1636، بأقصى حد ، اعتمد طرازاً حديثاً هو ، مع ترقيمات فيات ، الطراز المعتمد في الهندسة التحليلية الحديثة ، والتي صاغها بنفسه .

« لو كان هذا الاكتشاف قد سبق اعادة التكوين القديمة التي اعتمدناها في الكتابين « المراكز المسطحة » فان بناء القواعد المكانية المركزية كان بدا اكثر اناقة . الا اننا لا نأسف لهذا الانتاج ، وان بدا سابقاً لاوانه وغير ناضج بصورة كافية ، اذ هناك مصلحة للعلم بأن لا يأخذ من الخلف الاعمال التي ما تزال غير ناضجة فكرياً ؛ ان العمل البسيط في بدايته والفج يتقوى ويكبر بالاختراعات الجديدة . بل ومن المهم من اجل الدراسة ، ان نقدر على التأمل براحة ، في التقدم الفكري الخفي ، وفي تطور الفن بصورة عفوية » .

أما تلميذه ديكارت فقد لجأ الى وسائله الخاصة بفعل سلسلة من الاغراءات الخارجية وبفضل جهد شخصي زاخم وتأملي . من جهة حمله ميله المبكر (1619) الى الميكانيكيات على ابتكار بعضها، « بركاراته » التي اتاحت له رسم المنحنيات (التي سماها فيما بعد جيومتريات) . ومنذ تلك الحقبة ، كان يحلم ان يمد الى مناطق اوسع مجال الجيومترية ، المقصور حتى ذلك الحين ، عند فيات ، على البناءات فقط بواسطة المسطرة والبركار (ان المسائل التجسيمية تحتم بناءات « شبه هندسية ») . ومن جهة اخرى ، حمله ولعه بالبصريات (اوبتيكا) على الاعتناء بدراسة مقاطع المخروطات ، واتاح له ، حوالي (1625) ان يكتشف قوانين دقيقة حول انكسار الضوء . في هذا المجال بدا تأثير كبلر (Kepler) حاسماً . ولكن الى جانب ذلك ، حمله درس بابوس (Pappus)، اما المباشر ، واما عبر كتب كلافيوس (Clavius)، الى البحث عن حل جيومتري للمعادلات ذات الدرجات الاعلى من الدرجة الثانية . اننا هنا ضمن مجال عزيز على قلب فيات ، هو مجال التحليل التفسيري الجيومتري ، او المجال الذي سوف يسمى « تحقيق المعادلات » . كل واحد جرب مقدرته في هذا ، وفي سنة 1636 أو 1637 نجح فرمات في ملحقه التابع للمذكرة المشار اليها اعلاه نجاحاً باهراً . ولكن باستثناء فرمات وروبرفال (1602ـ 1675) Roberval الذي انتظم مع فيات عن قرب ، اكثر من تلميذيه، والذي استعمل بالمناسبة

كونشويدة (La Conchoide) نيكوميد (Nicomede) اتبعت غالبية الرياضيين بحماس ، متاهات الاقدمين. وقدم ديكارت ، سنة 1629 الى اقصى حد ، حله الجميل للمعادلات ذات الدرجات ثلاثة واربعة ، بالتوصيل بين بارابول ودائره ، ضمن طراز هو طراز هندستنا التحليلية .

نشير هنا ان هذا المجال، مجال تحقيق المعادلات ، امتد حتى نيوتن ضمناً ، وقد بـرز فيه سلوز Sluse (1622 – 1685) بشكل خاص . ولكن نيوتن ابرز محدوديته واشار الى ان دقته ، غير الكافية بشكل بارز ، لا تساعد على اللجوء اليه الا من اجل دراسة تمهيدية ، من اجل فصل جذور المعادلة . اما البحث عن نتائج اكثر دقة فيدخل في مجال الحساب العددي .

حوالي 1632 طرح غوليوس Golius على ديكارت مسألة بابـوس Pappus المشهورة بعد ذلك ، والمعروفة تحت اسماء مكان [مركز] الثلاثة والاربعة والخمسة مستقيمات . وحلها ديكارت خلال ثلاثة اسابيع ، مجرباً فيها تفوق تقنيته ، وواجدا فيها تعريفاً دقيقاً لمنحنياته الهندسية (الجيـومترية) . انها المنحنيات التي يرتبط فيها الإحداثيان (Coordonnées) x وy بواسطة معادلة جبريـة = (P (x,y) (0. لاحظ ديكارت انه بالامكان بناء كل نقطة من هذه المنحنيات ؛ مهما كانت سينيّته ، بسلسلة متنهية من حل المعادلات الجبرية ذات الدرجة التي يتزايد ارتفاعها. ومثل هذا البناء يكون على العموم مستحيلاً بالنسبة الى المنحنيات التي يسميها ميكانيكية ، والتي سماها ليبنيز متعالية او صاعدة (Transcendantes) والتي لا تتعلق بالتالي بتقنيات الجيومتريا التحليلية .

وبعد ذلك اصبح اطار كتاب (1637) محددا . وعلينا مع ذلك ان نعود الى اقسام اخرى من هذا الكتاب ، الاساسي بالنسبة الى الرياضيات الحديثة .

II ـ تقدم متنوع

التحليل الديوفانتي ـ سبق ان اشرنا الى التأثير الضخم الذي احدثه ديوفانت Diophante على الجبريين من بومبلي Bomblli الى فيات Viéte . « فمناهج هذا الاخير التحليلية الاستكشافية » (Zététiques) مع رمزيته الخاصة ، تسير في خط تحليل ديوفانت. في سنة 1621 قدم باشت دي ميزيرياك Bachet de Méziriac اول طبعة اغريقية ـ لاتينية عن « آريتمتيك »، الحساب ، مع تفسير وافٍ . ولكن هذا التحليل الذي سبق أن ذكرنا مبادئه (المجلد I ، القسم الثاني ، الكتاب 2 ، الفصل 2) قد شاع ، أما من خلال الطبعة اللاتينية ، طبعة كزيلاندر Xylander (1575) ، واما من حواشي عليه ، بالايطالية من صنع بومبلي Bombelli في كتابه « الجبرا » لـ 1572 ، أو بالفرنسية لستيفن Stevin والجيرار Girard ، أو باللاتينية لكلافيوس Clavius في الجبرا لسنة 1608 .

وشيوع هذا النوع من التمارين، المجانية الخالصة، سوف يستمر طيلة القرن. والمعلم الاول بهذا الموضوع هو فرمات Fermat . وملاحظاته حول ديوفانت، المدونة في هوامش نسخته من طبعة

باشت Bachet انقذت من النسيان بفضل ابنه صموئيل Samuel في اعادة طبع هذا الكتاب (1670). وبذات الوقت اصدر الاب دي بلي P. de Billy ملخصاً لتقنياته. واذا كان التحليل الديوفانتي هو مجال مهمل في ايامنا، فقد اتاح للجبريين في القرن 17 ان يمارسوا براعاتهم، وان يشحذوا اساليبهم، وتأثيره على الحساب اللامتناهي الصغر، حساب الاخوين برنولي Bernoulli. ليس مما يهمل.

فيرمات ونظرية الاعداد ـ ولكن افكار فيرمات حول التقنيات الديوفانتية حملته، فيما بين السنوات 1626 و1643، ومع بحوث ومع بعض الاختراعات التي تراكمت حتى سنة 1658، على ابتكار نظرية الاعداد. اما الاختراعات الرئيسية التي ابرزت اسمه في هذا المجال فهي:

1 ـ أسلوب الهبوط اللامتناهي، وهي تقنية حسابية بصورة خاصة، هبوط المثقلة Puissance المحدودة، أسلوب قدّم له ولخلفائه من بعده خدمات مهمة جداً.

2 ـ القاعدة الصغيرة، قاعدة فرمات: إذا كان p عدداً أوّلياً فـ: $a^p \equiv a$ (modulo p) أي أنّ باقي قسمة a^p على p يساوي باقي قسمة a على p.

3 ـ اقتراحات مثل:

كل عدد صحيح كامل هو مجموع اربعة مربعات، على الاكثر، او ثلاثة ثلاثيات (Triangulaires) او خمسة خماسيات الخ وكل عدد من شكل $(4n + 1)$ هو مجموع مربعين، ولا يكون ابداً العدد من شكل $(3n - 1)$ من شكل $(a^2 + 3b^2)$. واي مثلث قائم ذي اعداد صحيحة لا تكون مساحته مربعة.

4 ـ قاعدة فرمات الكبرى: المعادلة $(x^n + y^n = z^n)$ (n = صحيح اعلى من 2) تكون مستحيلة بالاعداد الجذرية (القياسية).

5 ـ معادلة بل ـ فرمات: Pell-Fermat المعادلة $(Nx^2 + 1 = y^2)$ هي دائماً ممكنة بالاعداد الصحيحة. ولا يوجد، تقريباً، اي اثبات من اثباتات فرمات. وفيما خص الكثير من مقترحاته فربما لم يكن لديه اي اثبات حق. ذلك هو حال قاعدته الكبرى التي ظهرت وكأنها احدى اكبر الخفايا في مجال الرياضيات.

واذا كان التحليل الديوفانتي، الذي لا يتطلب الا المهارة، متبعاً من قبل المعاصرين ومن قبل الخلفاء المباشرين لفرمات، فان نظرية الاعداد التي تتطلب العبقرية لم تجد رياضيين مؤهلين وجديرين بها الا مع أولر Euler، ولاغرانج Lagrange رغم ان بعض النتائج المنفردة قد عثر عليها في هذه الاثناء، وكذلك عثر على بعض المسائل الجديدة المطروحة.

ديزارغ والجيومترية الاسقاطية ـ فيما كان فرمات يشق طريقاً جديدة جداً، قام ديزارغ Desargues (1591-1661)، وهو رياضي اصيل جداً، يشق طرقاً خاصة في مجال آخر، هو مجال الجيومترية الخالصة.

وخضعت القطوع المخروطية لدراسات عديدة من قبل علماء امثال غريغوار دي سان فانسان Grégoire de saint u Vincent، وكافاليري Cavalieri، وميدورج Mydorge (1585 u 1647) الذين اغنوا ، عن طريق مناهج ابولونيوس ، نظرية النتائج المهمة وان كانت مجزأة.

وقدم ديزارغ Desargues اكثر بكثير. فقد كان مولعاً بالرياضيات المطبقة على الهندسة المعمارية ، وبالرسم ، وبالساعات الشمسية ، فضلاً عن تضلعه بالجيومترية القديمة ، وابتكر تقنية جيومترية جديدة ، هي الجيومترية الاسقاطية . وكتب شروحاته Opuscules واهمها : « مسودة مشروع للاحداث الناتجة عن تلاقي مخروط بسطح» (1639) بلغة فرنسية منهجية ، بدون كلمات تقنية كلاسيكية مترجمة عن اليونانية او اللاتينية. ان هذه المحاولة التجديدية في اللغة ، بَاتجاه التحديث اضرت بنشر افكاره. فلم يتتلمذ عليه الا القليل : الحفار بوس Bosse الذي وسع وشرح التطبيقات التقنية لافكار معلمه ، ثم بليز باسكال Blaise Pascal وفيليب لاهير Philippe de la Hire. والنص الكامل لمسودة المشروع الذي بقي ضائعاً لمدة طويلة لم يطبع قبل 1951 .

واعلن باسكال Pascal صراحة انه تلميذ ديزارغ Desargues. وعثر على القاعدة التي تحمل اسمه حول المثمنات Hexagones المحبوسة ضمن مخروط واستمد منها نظرية كاملة حول المنحنيات . ولم يبق لنا من اعماله الا عنوان قصير من سنة 1640 : « تجربة حول المخروطات ». وكان فيليب دو لاهير Phillippe de la Hire (1640-1718)· عالماً رسمياً في بلاط لويس الرابع عشر . وكان غزير الانتاج ، الا انه كان اقل تميّزاً، وكان واحداً من اوائل الاعضاء في اكاديمية العلوم . وكان أبوه الرسام لوران دو لا هير Laurent de la Hire صديقاً شخصياً لديزارغ Desargues .

ويستحيل علينا التوسع في مناهج ديزارغ Desargues ونتائجها . نكتفي بالاشارة فقط الى فكرة النقطة الى اللانهاية فوق خط مستقيم ، والى المماهاة الناتجة بين ضمة من المستقيمات المتوازية وضمة من المستقيمات المتلاقية ، وكذلك مماهاة المخروط والاسطوانة ، والى نظرية التشابك فوق خط مستقيم : وقاعدة ديزارغ » الناتجة عنه ، بالنسبة الى ضمة منتظمة من المخروطات . ونشير اخيراً الى نظريته حول المثلثات المتماثلة ، أو القابلة للتماثل .

ووقف تطوير الجيومتريا التحليلية ، الذي ساهم لاهير La Hire بنفسه فيه ، وتطوير الاساليب اللانهائية الصغر ، عائقاً في وجه توسع ونمو تقنيات ديزارغ Desargues . أما الجيومترية الاسقاطية فقد انتظرت تلاميذ دي مونج Monge لتزدهر وتأخذ كل معانيها .

نيبر Néper واللوغاريتم ـ بعد العودة الى الوراء نشير الى اكتشاف ضخم في القرن السابع عشر في بدايته ، يُعزى الى الاعمال المتعلقة بعلم المثلثات النجومي ، ولكن هذا الاكتشاف كان له انعكاسات مدوية على الرياضيات البحتة ، وعلى الاقسام الاخرى من العلوم . وهذا الاكتشاف هو اللوغاريتم. فقد عاد جون نابير أو نيبر John Napier of Merchiston ou Néper (1550-1617) وهو بارون اسكتلندي ،في محاولة لتبسيط حسابات علم المثلثات ،عاد الى فكرة قديمة

حول مقارنة التصاعديات الحسابية والهندسية. وقد عرف كيف يعرضها بشكل عام، ويترجمها بحسابات واقعية. وبهذا المعنى كتب يقول: « ان لوغاريثم كل جيب زاوية هو عدد يعبر بصورة تقريبية كبرى عن الخط الذي يتزايد ايضاً خلال ازمنة متساوية. في حين ان خط الجيب الشامل يتراجع نسبياً ضمن هذا السينوس او الجيب. والحركتان تتمان بذات الوقت، وتنتلقان في البداية بذات السرعة » (ميرفيسي لوغاريثمو كانوني. . Mirifici logarithmorum canonis 1614) .

يستدعي هذا التعريف عدة ملاحظات. نشير اولاً ان اللوغاريثم هي « عدد الكلمة » أو « عدد النسبة » او « عدد السبب » .

من المعلوم أنّه منذ اليونانيين القدماء حتّى القرن الثامن عشر كانت التعابير المستعملة في نظرية النسب لوغاريثمية شبيهة بالتي نستعملها. فإذا كان مثلاً (r_1) هو خارج قسمة A على B و(r_2) هو خارج قسمة B على C، لا نقول أنّ خارج قسمة A على C هو حاصل ضرب الخارجين الآخرين، بل مجموعهما. وهكذا نستنتج من المعادلات ($a/1= a^2/a= a^3/a^2= a^4/a^3$) أنّ خوارج القسمة ($a^2/1, a^3/1, a^4/1$) هي على التوالي ضعفا، ثلاثة وأربعة أضعاف خارج القسمة الأساسي a/1 . وكانت التعابير من هذا النوع لم تزل تُصادف بكثرة في القرن السابع عشر، في « مبادىء » نيوتن مثلاً. واعتمد ديزارغ، وغيره، في بياناته الجيومترية رمزية وتعابير يضيف إليها ويطرح منها المثقلات (raisons)، وهي تُعتبر غير مفهومة بالنسبة إلينا إلاّ إذا أخذنا بعين الاعتبار ما سبق.

واذاً فاللوغاريتم يقيس المثقلات وتكون العدد الذي يضاف او يطرح او يضاعف عندما يضاف المثقل او يطرح و يضاعف.

ومن جهة اخرى يتعلق تعريف نيبر Neper بالجيوب Sinus لان واضع نظرية اللوغاريتم يتابع بصورة اساسية غاية عملية: هي تسهيل حسابات المثلثات، او بصورة ادق الحسابات النجومية. وبالتالي اذا كانت اللوغاريثم هي عدد بالمعنى الصحيح، عدد صحيح او كسرى، فذلك ان الحسابات لا يمكن ان تتناول الا الارقام والاعداد. ولكن اللوغاريثم هي في الواقع القياس الاكثر قرباً، ما أمكن من مقدار مستمر يمثل هنا بخط.

وهذا الخط هو بالمعنى الصحيح متعلق بالجيب Sinus، وكلمة تعلق Fonction ادخلت فيها بعد من قبل ليبنز Leibniz ولكنها تبدو هنا مغالطة. هذه العلاقة ادخلت عن قصد بموجب معادلة تفاضلية، ولأول مرة في تاريخ الرياضيات. اذا سمينا R شعاع الدائرة او جيب عام، وX الجيب المدروس وY لوغاريثمه بالمعنى الذي قصده نيبر Néper فيكون: $Y = 0$ عندما يكون $x = R$، و($dy = -(R/x)\, dx$) .

وهذا يعطينا مباشرة العلاقة بين لوغاريثمات نيبر Néper الاولى، ولوغاريثمات نيبر الحالية (وهذه التسمية الاخيرة ادخلها لاكروا Lacroix) : $y = R \operatorname{Log}(R/x)$.

وإذا كان بالامكان معارضة أسبقية نيبر، فيما يتعلق بفكرة اللوغاريثمات بالذات، فمن المؤكد أن هذا

المعنى العميق للاستمرارية، التي تتطلب معرفة كبرى بالرياضيات القديمة ، وهذه الفكرة المبدعة ، فكرة ادخال الاستمرارية بواسطة الحركة وادخال هذا التعريف التفاضلي للوغاريثم ، يعود الفضل فيها اليه بدون نزاع ، الامر الذي يجعل منه احد الرياضيين الاكثر عمقاً في اواخر القرن 16 وبداية القرن 17 .

ويؤدي التعريف التفاضلي الى قانون اساسي بموجبه يكون للجيوب Sinus . ذات التعاقب الهندسي المتنازل انطلاقاً من الجيب العام R ، لوغاريثمات ذات تصاعد حسابي متزايد انطلاقاً من صفر . فضلاً عن ذلك ان لوغاريثم AB/R هو مجموع لوغاريثمات A وB . فضلاً عن ذلك يبدو ان نيبرNéper ، وقد سبق زمنه ، لم يكن يخشى استعمال لوغاريثمات سلبية في زمن كانت فيه غالبية الرياضيين لا تريد استعمال الارقام السلبية . ونضيف ايضاً انه في الحقبة التي أسس فيها نيبر نظرية اللوغاريثمات ، كان غاليليه ، وبموجب تحليل بدائي جداً ، ولكن قريب ، وربما مستوحى من اكتشاف الاسكتلندي ، قد رفض فرضية قانون سقوط الاجسام وفيها تكون السرعة متناسبة مع علو السقطة ، مبيناً ان السقطة ، ضمن هذه الفرضية تكون آنية وفجائية . وقد قام فرمات Fermat سنة 1642 ، ولحساب غاسندي Gassendi، بوضع شكل هذا التحليل .

وأدت نظرية نيبر Néper بواضعها ، الى بناء جداول ، وهو هدف واضح استمر به . وتوصل الى ذلك بعد وضع عدة تصاعديات هندسية ذات مثقلات (Raison) بسيطة جداً مثل ($1 - 10^{-7}$) وذلك بعد استعمال استكمالات ذكية ؛ وفي جداوله $R = 10^7$

كانت هذه اللوغاريثمات الاولى تظهر بعض المصاعب في الحسابات العملية . وتولى بريغز ، بناء على مشورة نيبر Néper بالذات حسابها من جديد، انطلاقاً من ان لوغاريثم الوحدة هو صفر ، ولوغاريثم العشرة 1 . وهكذا سار بحساب لوغاريثماتنا العادية ، وبالنسبة الى الارقام الـ 31 الف الاولى الصحيحة حتى الجزء العشري الرابع عشر .

وعرفت جداول اللوغاريثمات التي كانت بالنسبة الى المحاسبين ، وخاصة علماء الفلك تمثل حاجة ملحة ، نجاحاً مباشراً وضخماً . فمنذ 1614 ، وهو تاريخ نشر كتاب « معرفة قوانين اللوغاريثم . . . 1631 » ، خرجت من المطابع كتب تزيد على العشرين . ومن بين هذه الجداول يوجد كتاب نقيض اللوغاريثم لبورجي Bürgi الذي طبع في براغ سنة 1620 . ولكن صاحبه كان قد حسبه بين 1603 و1611 ، اي بمعزل عن اعمال نيبر .

ونجد بين المؤلفين الاخرين جون سبيدل John Speidell، وكبلرKepler ، وبريغز Briggs ، وادمون غانتر Edmund Gunter مخترع قاعدة الحساب ، وفلاك Vlacq ودينيس هانريون Denis Henrion الذي وان لم يكتب كتاباً اصيلاً ، الا انه نشر سنة 1626 اول كتاب فرنسي حول هذا الموضوع .

التحليل التوافيقي والاحتمالات ـ يجب ان نضيف الى هذه المقدمات الجديدة في عصرها

التحليل التوافيقي، والذي ظهر باكراً عند الكثير من المؤلفين . الا ان فرمات تميز فيه عن غيره ، مرة اخرى ، وذلك بتقديمه ، سنة 1636 معادلة الاعداد المجازية ، وهي المعادلة التي نكتبها اليوم على الشكل التالي :

$$C_n^p = \frac{n(n-1)\ldots(n-p+1)}{p!}$$

وقد قام باسكال Pascal في كتابه الصغير الذي صدر سنة 1654 حول المثلث الحسابي تبيناً استقرائياً (من الخاص الى العام) كاملاً ، وهي تقنية استغلها من قبل أرخيدس Archimède وموروليكو Maurolico وباشت ميزيرياك Bachet de Méziriac ، ولكنها لم تأخذ كل مداها إلا مع جاك برنولي Jacques Bernoulli .

ويمكن أن نذكر أيضاً في هذا المجال من البحث ، الدرامعات حول المربعات السحرية ، وهي تسليات من قبل المحللين أعادها الى الحياة باشت Bachet سنة 1612 و1624 . وقد انصرف اليها فرمات منذ سنة 1630 ؛ بحماس مدهش . وتميز فرانيكل دي بسي Frénicle de Bessy (1605-1675) في هذا المجال كما تميز أيضاً في نظرية الأعداد .

أما حساب الاحتمالات الذي سبق ووجدنا بعض الأمثلة منه عند باسيولي Pacioli وكاردان Cardan وغاليليه ، فقد نشأ حقاً في سنة 1654 ، على أثر تبادل رسائل ، بين بليز باسكال Blaise Pascal ، وكان عمره يومئذٍ 31 سنة (وقد كتب معالجة المثلث الحسابي والبحوث الملحقة به) وبين فرمات الذي كان عمره 53 سنة في هذه المرحلة ارتبط هذا الحساب بالتحليل المزجي . وكانت أساليب فرمات متفوقة تماماً على أساليب تلميذه الشاب . واضطلع هويجن Huygens على هذه المراسلة ، فاهتم بدوزه في المسألة ونشر سنة 1657 أول كتاب من حساب الاحتمالات وعنوانه : «De ratiociniis in ludo aleae» .

III ـ وضع الحساب اللانهائي

إذا كان من الواجب تلخيص جوهر اكتشافات القرن ، فيذكر أولاً التحليل المموه الذي قام به فيات والذي تكلمنا عنه وعن ملحقيه : نظرية المعادلات الجبرية ، والجيومترية التحليلية ؛ ثم أخيراً التحليل اللامتناهي بفرعيه المتميزين أولاً : الحساب التفاضلي والحساب التكاملي اللذان لم يجدا رابطهما الوثيق وتسمياتها إلا عند ليبنيز ونيوتن : ان تاريخ هذا التحليل اللامتناهي هو ما نعالجه الآن .

فرمات : المبادىء الأساسية والمماسات ـ في سنة 1629 أو في 1630 بأقصى الحدود كان فرمات

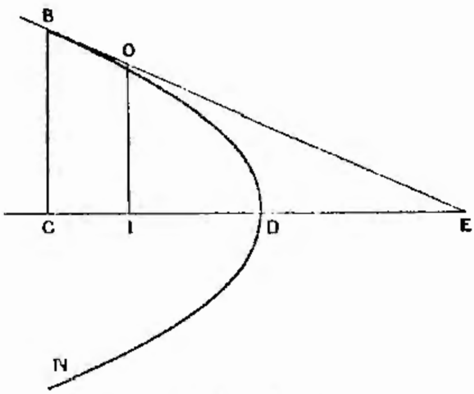
يمتلك قاعدة تتعلق بتحديد قصويات (Extremums) الدالات الجبرية أو العلائق . وقراءته لبابوس هي التي قادته الى اكتشافها . ولكن هذا الاكتشاف لن يتم إلا عند تلميذ من تلامذة فيات .

وبعد مونتكلا Montucla ، أكد مؤرخون كثيرون أنه أسس طريقته على المبدأ الذي أثاره كبلر في كتابه (Stereometria doliorum) : ان المقدار الواصل الى أقصاه الى ذروته أو إلى أدناه ، له ، في الجوار ، تغيرات غير محسوسة . الواقع ان مبدأ فرمات هو شيء آخر .

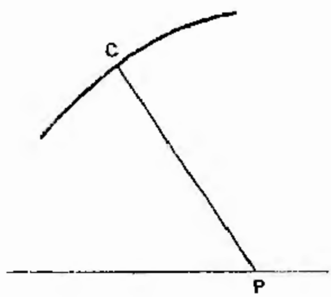
فمن طرفي « الأقصى » (Extremum) ، تستعيد العلاقة « الدالة » (fonction) نفس القيمة . وإذا كان « متعدّد الحدود » المدروس هو $P(x)$ وإذا كان a قريباً من الأقصى نكتب :

$P(a + e) = P(a)$ مما يعطينا معادلة لـ e قابلة للجذر الأكيد صفر (0) وللجذر الثاني (e) ، ويكون الأقصى موجوداً بالنسبة لقيمة x واقعة بين a ، (a+e) . وبعد الاختزال بـ (e) تبقى معادلة $Q(a,e)=o$. وإذا نزع (a) نحو القيمة القصوى المطلوبة ، فإن e تنزع نحو الصفر . وقد حدد فرمات الأقصى بالمعادلة ($Q(a,0) =0$) .

وعندما أراد تفسير نفس الطريقة في تحديد المماسات ، ارتكز على الواقعة بأن المماس هو ، في حدود نقطة التماس ، بكامله من نفس الجهة بالنسبة الى المنحنى . نفترض عندئذٍ خطاً منحنياً «جيومترياً» معادلته ($P(x,y)=0$) حيث P متعدّد الحدود المماس . ان عند النقطة M من الاحداثيات x_0, y_0 يقطع محور السينات x عند نقطة (x_0-S) ، ان رمزنا بـ S إلى المماس التحتي . فالنقطة الراكضة في هذا المماس لها إذن الإحداثيتان x و$y=y_0/s\ (x-x_{0+s})$. نحمل هذه القيمة ، قيمة y في $p(x,y)$ نحصل على متعدّد حدود جديد لـ x . أما المماس الباقي في نفس المنطقة بالنسبة الى المنحنى المجاور لـ M . هذا البولينوم الذي ينعدم في ($x = x_0$) يحتفظ باشارة ثابتة في الجوار . وإذاً فهو يمر في x_0 بأقصى أو بأدنى . والتعبير عن هذه الواقعة بأسلوب فرمات ، نعثر على معادلة تعطي مماساً تحتياً : s .



صورة 15 ـ بناء المماس بقلم فرمات .



صورة 16 ـ بناء العامود على نقطة التماس بقلم ديكارت

وهذا هو أسلوب الكاتب في التعبير عن نفسه ، سنة 1637 ، حول مثل البارابول (قطع مكافىء) (صورة 15) : أعطينا البارابول .B.D.N قمته D وقطره (D.C) ؛ وعليه توجد النقطة B ، التي منها يسحب المستقيم B.E ، مماساً للبارابول وملتقياً بالقطر عند E . اذا أخذنا على المستقيم B.E نقطة ما O ومنها نسحب الصادية (O.I) وبذات الوقت الصادية (B.C) من النقطة B . يحصل معنا : $CD/DI>BC^2/OI^2$ لأن النقطة O هي خارج البارابول : ولكن $CE^2/IE^2=BC^2/OI^2$ بسبب تماثل المثلثين . وإذن : $CD/DI>CE^2/IE^2$. ولكن النقطة B مقدرة وإذن فالصادية B.C ، وإذن النقطة C وإذن C.D . أي أنّ d=CD معيّنة . نضع a=CE وe=CI فيكون :

$$d\,(d-e) > a^2\,(a^2 + e^2 - 2ae)$$

نضرب الأوسطين ببعضهما ، والطرفين ببعضهما : $da^2+ de^2 - 2dae > da^2- a^2e$ ولنساوِ تقريباً ، سنداً للطريقة السابقة ، عندها نحصل بعد طرح العناصر المشتركة على :

$de^2 - 2dae = - a^2e$ أو على : $(de^2 + a^2e = 2\,dae)$.

نقسم كل العناصر على e نحصل على $de + a^2 = 2\,da$ الغِ (de) يبقى $(a^2 = 2\,da)$ أي أن $(a= 2d)$

نثبت إذن أن C.E هو مضاعف .C.D وهذا مطابق للحقيقة .

كان فرمات ملكاً لطريقته بشأن المماسات سنة 1632 .

وقد جُرَّ ديكارت الى ذات المسألة حول بناء المماسات أو بالأحرى العواميد فوق المنحنيات الجيومترية من خلال دراساته البصرية .

وبعد أن اكتشف قوانين الانكسار ، فتش متأخراً على ما يبدو ، إنما حتماً قبل 1636 ، عن منحنٍ بحيث إذا كان A وB نقطتين معينتين ، فإن كل شعاع ضوئي منبثق عن A وينكسر على المنحني يمر في B .

وقد جره تحليل نجهله الى اكتشاف بيضوياته (Ovales) أو المنحنيات المحددة بارامترياً [البارامتر : ثابتة : انها كمية محددة تتوقف عليها دالة من المتغيرات المستقلة] . ولكي يعطي عن اكتشافه العرض المدرج في هندسته ، اخترع أسلوبه لبناء العاموديات على المنحنيات الهندسية .

إذا كان PC هو العامود عند C على المنحني $f(x,y)=0$ (باعتبار f متعدّد الحدود ، وإذا كان P هو قدمه على محور السيني ، تكتب المعادلة لدائرة مركزها P ومارة بـ C ونعبر انها تلتقي المنحني عند نقطتين متداخلتين أي أن المعادلة عند سينيات التقاطع تفترض وجود جذر مزدوج . وعندما نعود الى مسألة جبرية خالصة يعالجها ديكارت بأسلوب المعاملات غير المحددة التي اخترعها هو : (الصورة 16) .

ولا تطبق تقنيات ديكارت وفرمات ، وهي شديدة الارتباط بالهندسة التحليلية ، كما هي الا على المنحنيات « الهندسية » . وقد وعى الاثنان هذا النقص ، فعالجاه كل بحسب أسلوبه . وهنا أيضاً يمتاز فرمات حتماً على خصمه . والحقيقة أن ديكارت لم يعالج الموضوع الا مرة واحدة لكي يضع المماسات على البكرة أو فوق الدويري (cycloïde) . واستبدل بنجاح الدائرة المولدة بمضلع ، الأمر الذي مكنه من العثور على المركز الأني للدوران ، وعلى خصوصية الخط العامودي المار بالمنحني لكي يمر بهذا المركز .

أما فرمات فوضع المبدأ بأنه من الممكن إبدال صاديات المنحنيات بصاديات المماسات وإبدال أقواس المنحنيات بأقواس مطابقة للمماسات المعثور عليها . وبرر جزئياً ، في سنة 1660 ، هذه التأكيدات من سنة 1640 ، التي مكنته من بناء مماسات عدة منحنيات صاعدة كان قد اهتم بها منذ 1638 .

وهذه هي مثلاً مسألة وضعها بهذا التاريخ . نفترض وجود منحنيات كثيرة ذات قمة واحدة هي B ونفترض BA, BF, BD, BE كمعطيات معلومة بحسب مواقعها ، ونفترض منحنى آخر له نفس القمة MB ، بحيث أن المطبقات MB (Appliquées مثل MC) تساوي المتوسطات النسبية بين مجموع أجزاء المنحنيات الأخرى : BE, BD, BF, AB ومجموع المطبقات appliquées ، EC, DC, FC, AC (الصورة 17) يتوجب إيجاد المماس عند نقطة معينة من هذا المنحنى الأخير .

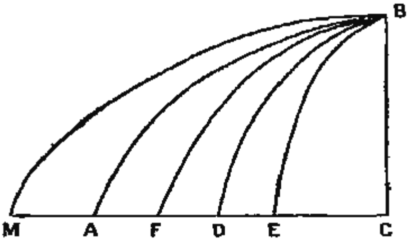
« وإذا أردت أن تكون المنحنيات الأخرى للمثل دائرة أو قطعاً مكافئاً أو زائداً أو اهليلجياً (Ellipse) ، فإني أوافق على ذلك ، بشرط أن تؤمن بأني أعطي الحل لكل عدد ولكل نوع من المنحنيات المعطيّة ، وبدون أي اختلال بالتساوق (أو بدون أي تعبير يتضمن جذوراً) الأمر الذي يبدو مدهشاً » .

وفي حين كان ديكارت وفرمات يعالجان موضوع المماسات بأساليب جبرية خالصة وبعدها يوسعونها لتشمل المنحنيات « الميكانيكية » ، استعمل روبرفال Roberval أسلوباً حركياً ، والحقيقة انه درس المماسات وفقاً لأسلوب نيكوميد Nicomède في دراسة المقعرات بطريقة جبرية ، لكي يناقش وجود جذور لمعادلات الدرجة الرابعة . وهو بهذا تلميذ عند فيات Viete ويضع نفسه في نفس مجال فرمات Fermat . ولكنه في أسلوبه الحركي للمماسات ، يأخذ بعين الاعتبار اتجاه موجّه السرعة، اتجاه يحصل عليه بتفكيك حركة متحرك فوق المنحنى المساري ، بتفكيكه الى مسارين . إلا أنه لم يعالج المسألة إلا هندسياً ، ولم يستخرج اللوغاريثمية بوضوح . وأسلوبه في أساسه يماثل أسلوبنا الذي يقوم ، بالنسبة الى المنحنيات المتمثلة بتعابير مشتقة (بارامترية) من x وy ، أكرر يقوم على اتخاذ كمماس ، الخط المستقيم ركيزة الموجّه ذي الإحداثيتين x' وy' . وأسلوبه هذا معاصر تقريباً لأسلوب الآخرين ، بتاريخ 1638 .

ووصل توريشلي Torricelli الى تصورات حركية مماثلة لتصورات روبرفال Roberval ، والتي

ألهمت فيما بعد بارو Barrow في كتابه المسمى (لكسيون جيومتريكا) Lectiones geometricae لسنة 1670 .

ومناهج فرمات وديكارت ، المتماثلة في مبادئها ، حولت الى اللوغاريتم ، على الأقل فيما خص المنحنيات الهندسية ، من قبل رياضيي الجيل التالي . وهم من جهة تلامذة شوتن Schooten وهود Hudde وهويجن Huygens ثم سلوز Sluse ، أسقف لياج ، والذي ينتمي مباشرة الى فيات ، وان كان قد تأثر في روما بمدرسة غاليله عن طريق ريشي Ricci . ان الانكليزي بارو Barrow ، من جهة أخرى ، ولكن بعد تأخر قليل ـ وهو المتأثر أيضاً بريشي Ricci والمدرسة الايطالية ـ قد أخلى كرسيه الى نيوتن . ومع بارو Barrow تمَّ الاقتراب أكثر ، في هذا المجال من حساب ليبنيز Leibniz .



صورة 17 ـ مسألة حول المماسات درسها فرمات

غير القابلات للقسمة ـ ان جذور الحساب التكاملي تعود الى «عناصر» إقليدس Euclide وخاصة «عناصر» أرخميدس Archimède . وقد وعى الغرب مسائل تشكل مادة هذا الحساب ، في كتب الرياضي الكبير أرخميدس السيراكوزي الذي أخذ يشتهر لدى الغربيين في أواخر القرن 16 . وكان لوقا فاليريو Luca Valerio من أوائل الذين فهموا هذه الأعمال ، ونشر بعد 1604 بحوثه حول مراكز الثقل النوعي

والى تلميذ غاليله، غير المباشر ، كافاليري (1598-1647) يعود الفضل في انطلاقة الحساب التكاملي . ومن الانصاف أن نلاحظ أنه إذا كان كتابه الشهير : «الجيومتريا . . 1635» قد كان له تأثير حاسم على الجيل التالي ، فإن الباحثين في عصره الذين عبروا ، مستقلين عنه ، عن أفكار مشابهة كانوا كثراً .

لقد أكمل كافاليري Cavalieri تصوراته ، بعد 1629 ، ولكن في سنة 1615 كان ج. كبلر J. Kepler قد استعمل تقنية مشابهة في كتابه «نوفا ستيريومتريا Nova Stereometria . .» مع جرأة أكبر وبعض النتائج الخاطئة . وتشبيهه المنحني بمضلع ذي أضلاع غير متناهية ، استطاع أن يتصور فكرة غير القابل للقسمة بكل واضح نوعاً ما فضلاً عن ذلك ، كان اليسوعي غرغوار دي سان فانسان Grégoire de Saint-Vincent (1584-1667) قد حصل منذ 1625 على نتائج جيدة ، وكانت طرقه الدقيقة للعرض تقترب مباشرة من شمولية الأقدمين ، ولكن ضياع غالبية أوراقه في حريق براغ لم

تتح له التعريف بأعماله إلا في سنة 1647 في كتابه الكبير : « أوبيس جيومتريكوم . . Opus Geometricum » . لقد أضرَّ به الزمن ، وكذلك أيضاً رغبته المسرفة بالدقة ، ونقل التبيينات الناتجة عن هذه الدقة ، هذا من جهة ، ومن جهة أخرى محاولته الفاشلة في تربيع الدائرة ألقت بعض الظلال على أعماله . ولكن ليبنيز يذكره باحترام الى جانب كافاليري Cavalieri وباسكال Pascal باعتبارهم من ملهميه .

وفي فرنسا ، وبالاستقلال عن كافاليري Cavalieri قام ديكارت وفرمات وروبرفال Roberval ، مستعينين بالجبر الكلاسيكي فربعوا ، باكراً ، « البارابولات » $y = ax^m$ ثم قام فرمات وروبرفال بتربيع « البارابولات » الأعم $y^p = ax^m$ وكعبوا البارابولويدات المتحركة الدائرية ، وعينوا مكان مراكز الثقل النوعي . وهذه المسألة الأخيرة لم يعالجها كافاليري Cavalieri إلا فيما بعد ، بناء على طلب جان دي بوغران Jean de Beaugrand ، بعد 1640 ، وجزئياً مقارضة ضد غولدين Guldin (1577-1643) . وكان هذا الأخير يسوعياً نمساوياً اشتهر بنظرياته حول الأحجام والمساحات في الأجسام الدائرية المتحركة ذات العلاقة بمراكز الثقل النوعي في الصفائح والمنحنيات المسطحة . وقد سبق أن وجدت هذه القواعد عند بابوس Pappus .

وقد ارتبطت كل التقنيات التي استعملها الكتاب المذكورون ارتباطاً وثيقاً بالتراث الارخميدي الذي لم يعرف الا من خلال الخلاصات المقتطفة عن المعلم ، ذلك ان الكتاب الموجه الى اراتوستين Ératosthène الذي كشف عن تحليله لم يعثر عليه الا في مطلع القرن العشرين .

وقد توصلوا ، بفضل حسهم العميق بالرياضيات ، وكل حسب طريقته ، الى اعادة تكوين هذا التحليل. وكانوا يؤمنون عن اخلاص بانهم يجددون ويتجاوزون من يحتذون به . من هنا المناقشات التي لا تنتهي حول الافضلية والاتهامات المتبادلة بالسرقة ، وهي جرائم نبرئهم نحن منها جميعاً او تقريباً ، من دون بوغران Beaugrand الذي يبقى مشبوهاً .

كان فرمات من انصار التبيين التركيبي الدقيق، ولكنه قد شغل باهتماماته ، كما كان اسير عبقريته التي تجعله راكضاً من اكتشاف الى اكتشاف ، فاكتفى بالتحليل، الذي لم يتسنَ له حتى مجرد عرضه ، فاكتفى باعطاء النتائج لا اكثر .

اما كافاليري Cavalieri، الذي كانت تنقصه مع الاسف مصادر الجبر الكلاسيكي ، فقد حاول ان يمنهج طرقه في كل كبير منظم . وكانت محاولته مغرية، وكان عمق ارائه قد خفي على المؤرخين . فبالنسبة اليه مثلاً ، اذا كان بالامكان قياس رسمة مسطحة بالنظر الى « مجموع خطوطها » الموازية لاتجاهٍ ما ، فان هذا المجمل يُحصَّلُ عليه بحركة تكنس السطح فتعطيه ، بحسب اللغة الحديثة ليس قوة « غير المتناهي » القابل للعد، بل قوة اللامتناهي المستمر فضلاً عن ذلك ان تصوره العام جداً للمماثلة ، في الكتاب الاول من مؤلفه تتجاوز الى حد بعيد نتائج الاغريق، اما الاعيبه الجيومترية فهي من الاكثر براعة . الا ان محاولته من الناحية النظرية فاشلة ، لان الكثير من تبييناته غير ثابتة وقد اضاف الى

البديهيات في الهندسة الاغريقية بعضاً آخر، يمكن الاستغناء عنها ، بحسب المنطق الحق . ولكن عندها يتوجب اعتماد وجهة نظر روبرفال Roberval التي عممها باسكالPascal بقوله (1659) :

« كل ما هو مبين بالقواعد الحقة المتعلقة بغير المرئيات ، يمكن تبيينة ايضاً ، وعند الضرورة ، ووفقاً لاسلوب القدماء ، وهكذا لا تختلف مطلق واحدة من هذه الطرق عن الاخرى الا من حيث اسلوب الكلام : وهذا امر لا يمكن ان يجرح الاشخاص العاقلين بعد سبق انذارهم بما يقصد بهذا . ولهذا لن أعارض، فيما بعد، في استعمال هذه اللغة لغة غير القابلات للقسمة : «مجموع الخطوط » او « مجموع السطوح » . وهكذا عندما انظر، مثلاً ، الى قطر نصف دائرة مقسوم الى عدد غير محدد من الاقسام المتساوية عند النقاط Z، من حيث تنطلق « الصاديات » Z.M.، فلن اعارض في استعمال هذا التعبير « مجموع الصاديات » . الذي لا يبدو انه هندسي في نظر الذين لا يفهمون نظرية اللامقسومات ، والذين يتصورون انهم هدموا الجيومتريا ان هم عبروا عن السطح بعدد غير محدود من الخطوط، وهذا لا يتأتى الا من نقص الذكاء عندهم ، اذا لا يفهم من هذا الا مجموع عدد غير محدد من المستطيلات القائمة على كل «صادية» مع كل من الاجزاء الصغرى المساوية للقطر ، والتي مجموعها هو حتماً سطح لا يختلف عن مساحة نصف الدائرة الا بكمية اقل من اي معطى »

. هذا الانتقال قد يبدو لأول وهلة كتعريف أولي ممتاز للمتكامل (انتغرال Integrale) المحدد ، فيه تعريف الحد في الأسطر الأخيرة ، الواقع أنه خلاصة لطريقة الرفع المعروفة من الأقدمين ، وخلاصته أسرع للتعبير عنها بلغة اللامقسومات . وتلاشت هذه المعلومات الواضحة جداً تحت تأثير ليبنيز خلال القرن 18 : فدية التقدم الضخم الذي أحدثه ليبنيز نفسه للحساب التكاملي . ولحظ القرن 19 ، وبخاصة مع كوشي (Cauchy) عودة نحو المفاهيم الأرخيدية .

أهم النتائج الرئيسية : ـ دل أسلوب التكامل المباشر المسمى تكامل اللامقسومات بلغة كافاليري على أنّ :

$$\int_0^a x^m \, dx = \frac{1}{m+1} a^{m+1}$$

وذلك باستعمال الترقيمات الحديثة. وقد وضع كافاليريCavalieri هذه النتيجة سنة 1629 (ونشرت سنة 1635) من اجل المثقلات (Puissances) 1 و2، ثم بعد نشر كتابه ، بالنسبة الى المثقلات 3 و4 ثم بطريقة الاستقراء غير الكامل، بالنسبة الى المثقلات الكاملة الايجابية .

وبعد 1635 كانت هذه النتيجة العامة قد اثبتت بدقة من قبل فرمات الذي توصل في نفس الحقبة ، او على الاقل قبل 1638، الى اشمالها المثقلات (Puissànces) الكسرية الايجابية (وكان في تعبيره يقصد تربيع البارابولات العامة : $y^p a^m = b^p x^m$) . وحصل روبرفال على نتائج من نفس النظام. وعندما ظهر توريشلي Torricelli على المسرح في الرياضيات ، حملته استخدامات ماهرة للامنقسمات المنحنية على ان يكتشف (سنة 1641) حجم « الكونويد Conoïde» الرفيع الحاصل

من جراء دوران ايبربول حول مستقيمه المقارب Asymptote. وقد دفع توريشلي Torricelli بمناظرته مع روبرفالRoberval الى توسيع النتائج التي حصل عليها، فربّعَ الايبربولات العامة

$$x^n y^p = a^n b^p.$$

وتعرف واليسWallis على هذه الحسابات في كتب تورسيلي. فقدم عنها عرضاً عاماً عن طريق الاستقراء غير الكامل وذلك سنة 1656، في كتابه المسمى اريتماتيكا انفيتورمArithmetica Infinitorum، وكان هذا العرض موضوعاً بصورة تجريدية حول حسابات عددية. وكان من اولى المحاولات في التحليل اللامتناهي حتى يتخلص من التمثيل الفضائي

وتتعلق المسائل حول السيكلوييد Cycloïde او المنحنى المرسوم بواسطة نقطة مرتبطة بدائرة تكرج دون ان تنزلق فوق خط مستقيم، بالمسائل السابقة ولكنها تهتم بالعلاقات التريغونومترية. اما مسألة تربيع قنطرة المنحني فقد طرحت على ما يبدو من قبل مرسين Mersenne على روبرفال Roberval، بعد ان درسها على ما يقال «غاليله، وحلها اولاً روبرفال سنة 1637، بواسطة طريقه بسيطة وبارعة، وبهذه المناسبة اخترع روبرفال السينوزوييد Sinusoide او بالنسبة اليه «رفيقة الرولت». وبعد ان علم فرمات وديكارت بنجاح هذه التكاملية قدما حلولها وتبعهما بعد عدة سنوات تورشليTorricelli. اما خط المماس فقد وجده روبرفال وكان الطليعة، وقد ابتكر من اجل هذا طريقته الحركية، ثم تبعه مباشرة، في سنة 1638 ديكارت، وذلك بفضل استخدام المركز الآني للدوران ثم فرمات بفضل تقنياته العامة. وفي سنة 1641 اكتشف توريشلّي Torricelli، من جهته الطريقة الحركية التي كان فيفياني Viviani يطبقها بدوره سنة 1643 في بناء مماس السيكلوييد. وحسب روبرفال وتوريشلي كلاهما الحجم الذي يولده دوران القنطرة حول القاعدة. واعتقد توريشلّي، في سنة 1644 انه اكتشف الحجم الحاصل من الدوران حول المحور، والموقع الصحيح لمركز الثقل النوعي لصفيحة مكونة من نصف القنطرة. وقدم نتيجته بدون تبيين. واجتهد روبرفال فلاحظ خطأ وهو يجري تكامله المتقارب، .فسأل منافسه اذا كان متأكداً من النتيجة، وتوصل اخيراً في اواخر سنة 1645 وبعد سنتين من الجهد الى النتيجة الصحيحة .وقد أكمل لهذا الغرض تقنيات التكامل .وقام باسكال بتحسين اساليب روبرفال ووسعها وذلك بمناسبة النزاع الكبير سنة 1658 حول المسائل التي كان هذا الاخير اي بسكال قد نشرها تحت اسم مستعار هو دتونفيل Dettonville وطرحها على كل الرياضيين حول موضوع السيكلوييد.

وبدا تربيع البارابولات (القطع المكافئة) من كل الدرجات (ما نسميه نحن ذات الحد) موضوعاً مطروحاً في منتصف القرن ومحلولاً. وظل تربيع الدائرة معلقاً، ولكن في المسائل المتعلقة بالسيكلوييد، كان العلماء يردون اليه تربيعات العلاقات «Fonctions» مثل$\sin^n x$ x^m وفيها يكون m وn العددين الصحيحين الايجابيين والأولين.

وقد حصل توريشلي ومن بعده روبرفال ثم فرمات واخيرا واليس Wallis على تربيع الايبربولات أي على تكامل ذي الحدّ x^{-r} حيث r جذري ايجابي. وبقي تربيع الايبربول العادي ايبربول ابولونيوس Apollonius حيث r = 1 مستعصيا على طرقهم . وقد عرف روبرفال عرضاً في سنة 1643، ان السينيات ذات التصاعد الهندسي تتوافق مع مساحات ذات تصاعد حسابي. ولكن هذه الخاصية قد عرضت بصورة اوضح ، من قبل غريغوار Grégoire دي سان فانسان في كتابه الكبير لسنة 1647 . وقد يكون اكتشفها قبل 1625. وهذه الخاصية تفترض وجود رابط بين تربيع هذا الايبربول والنظرية الجديدة اللوغاريثمية . وهذا ما اثبته فيها بعد تلميذه سارازاSarasa .

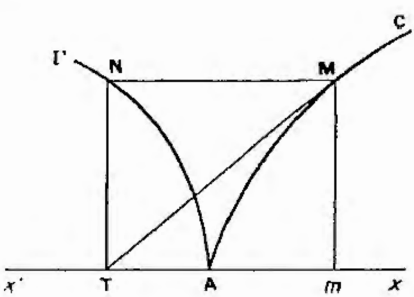
الا ان حساب اللا مقسومات يدخل في مجالات اخرى. ففضلاً عن تحديد مراكز الثقل، اتاح هذا الحساب تصحيح اقواس المنحنيات .

وكانت مجموعة رياضيي باريس، بناء على دعوة الاب مرسين P.Mersenne الذي كان معيناً بالسطح المائل في فرضية خطوط الجاذبية المتلاقية ، وجدت منحنياً حلزونياً، خطنا الحلزوني اللوغاريثمي ، كما وضعت خصائصه الرئيسية . وكان ديكارت قد اشترك بالمراسلة في هذه المناقشات . وبين ان هذا المنحني الميكانيكي له طول محدود متناه .

فضلاً عن ذلك عثر كافاليريCavalieri وغريغواردي سان فنسان ، اثناء مراجعتهما لاعمال ارخميدس حول البارابول من جهة، وحول اللولب P = aw من جهة اخرى، قبل سنة 1630، العديد من العلاقات بين هذين المنحنيين . وبين روبرفال في سنة 1642 مساواة اقواس المنحنيين . وبعدهما بقليل توصل توريشلّي الى نفس النتيجة واشملها البارابولات واللوالب الاكثر عمومية ، والمنحنيات التي اخترعها منذ عدة سنوات فرمات . وعثر بذات الوقت على اللولب اللوغاريثمي، بعد ان اثبت كل خصائصه البارزة وسمّاه اللولب الجيوماتري .

وقد تحقق التقدم الاهم في مجال تقويم المنحنيات ، في حوالي 1658 ؛وسوف نعود لهذا الامر.

تربيعات روبرفال ـ يتوجب علينا، في البداية، ان نشير الى اكتشاف بسيط جداً ولكنه ضخم حققه روبرفال Roberval وهذا الاكتشاف يوجد رابطاً أساسياً بين تحديد المماسات وحساب المساحات وقد دلّ هذا الاكتشاف على تفوق تصور روبرفال Roberval للامنقسمات ، على تصور كفاليري Cavalieri. فقد لاحظ، ربما سنة 1645 الحدث التالي : نفترض وجود منحن محدودب AC، ومحور x'Ax. وفي نقطة متجولة M نسحب مماساً MT يلتقي المحور عند T والعامودي على المحور عند T، وموازيه المنطلق من M يتقاطعان



صورة 18 ـ تربيع روبرفال

عند N . نفترض AT المنحنى المركز لـ N: ان المساحات المحصورة بين المنحنى AC والصادية Mm، والجزء Am من المحور ، من جهة ، والمنحني AC ، والموازي MN للمحور ، والمنحنى AT من جهة أخرى ، وهي متساوية (صورة 18) .

وفي مطلع كانون الثاني سنة 1646 اعلم روبرفال توريشلي بالأمر. وسرعان ما وجد هذا الاخير تبييناً، واستفاد منه لتربيعات ايبربولاته . ذلك ان تربيعات روبرفال كانت اداة قوية للتكامل ، قبل اختراعات نيوتن وليبنز . وقد قيم ريشي Ricci، صديق توريشلي هذا الاكتشاف تقييماً عظيماً . وقد استفاد منه جيمس غريغوري James Gregory، كما اتاح نجاحاً اول من نجاحات ليبنز ، الذي تقاسم هذا النجاح ، امام التاريخ مع غريغوري نفسه : اكتشاف السلسلة التالية

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} \ldots$$

المسألة المعاكسة للمماسات - قبل ان نتفحص العلاقات بين الجيل الذي سبق مباشرة ليبنز ونيوتون . اي جيل واليس Wallis ، وبارو Barrow ، وباسكال Pascal وهويجن Huygens وغريغوري ، يبقى علينا ان ننظر في مسألة اخرى كبيرة متناهية الصغر وهي مسألة عكس المماسات : تحديد المنحنى بواسطة مميزاته المماسانية . نعود الى الوراء ، الى اعمال كيبلر في البصريات ، اعماله في كتابه المؤرخ سنة 1604 بعنوان ادفيتيليونم Ad Vitellionem . . . ان مسألة من هذا النوع قد ظهرت في هذا الكتاب. وقد بحث كبلر عن (الآناكلاستيك) l'Anaclastique او المنحنى بحيث ان الشعاعات المتوازية تلاقي عنده انكساراً ، ثم تلتقي في نقطة واحدة. ولم يجد كبلر بين يديه كقوانين للانكسار الا جداول عددية بدائية جداً وضعها ويتلو Witelo . ولهذا فقد وعى عدم امكانية الوصول الى شيء . ورغم ذلك فقد درس هذا المنحني نوعياً بواسطة مماساته، وعثر على معنى تقعره وبين ان له خطاً مقارباً (Asymptote) .

وعندها توقف عاجزاً عن الاستنتاج ان هذا هو إيبربول ابولونيوس Hyperbole d'Apollonius، منحنٍ يشبهه كثيراً . اما تعريف نيبر Néper وبناؤه اللوغاريثمات فمسأله من ذات النوع .

وعلى اثر هذه الامثلة الاولى، يمكن ذكر التحليل المجهول الذي حمل ديكارت Descartes الى بيضوياته ، والتحليل الذي اوصل رياضي باريس الى اللولبية اللوغاريثمية .

ان تحديد مركز الثقل النوعي للبارابولات وللباربولوييد في حالة الدوران قد عولج من فرمات سنة 1635، بنفس العقلية . ولكن المسألة التي طرحها ف.دي بوم F.de Beaune هي الاشهر، اذ طلب سنة 1638، بناء منحنٍ انطلاقاً من خصوصية تماسية . وهذا المنحني هو لوغاريثمية ذات محاور منحرفة. والاسلوب الذي عالج به ديكارت هذه المسألة يبحث في اعتبارات كبلر Kepler حول « الأناكلاستيك » Anaclastique .

ويلاحظ ايضاً ، انه في بعض الحالات المميزة (بارابول، ايبربول، لوغاريثمية)، يربط تغيير روبرفالRoberval فيما بين مسألة حساب المساحة وحساب تحديد المماس .

جـون واليس ـ John Wallis ننظر الآن في تقديمات جيل جديد. كان واليس (1616 – 1703)كما يعلمنا بنفسه، رياضياً درس على نفسه ، منذ 1647، بقراءة أوترد Oughtred، وهاريوت Harriot وتوريسلي Torricelli . وكان مجاله المفضل هو مجال الحساب العددي حيث اظهر براعة كبيرة رغم انه يبني اساليبه على الأستقراء غير الكامل الذي قال عنه فرماتFermat :

« يقترح واليس المذكور سلسلة متتالية من الكميات تبدأ بصفر (الذي يمثل النقطة) والتي تتالى بتصاعدية حسابية ، ويبحث عن الاس السبب الموجود بين مجموع الكميات المذكورة ومجموع الحدود المساوية لاكبر المعطيات .

والوسيلة التي يقدمها للعثور على هذا الاس السبب تقوم على اخذ مجاميع الكميات المختلفة للاعداد ابتداء من الادنى، ثم مقارنة الاسات بعضها ببعض ثم استخراج قاعدة شاملة من هذا .

« وتمكن الاستعانة بهذا الاسلوب، اذا كان تبيين ما هو مقترح مخفياً ، وانه من الواجب اولاً وقبل السعي من اجل الوصول اليه ، التثبت اولاً من الحقيقة ؛ ولكن يجب توخي افضل الاساليب ثم الالتزام بالحرص والحذر اللازمين . اذ يمكن اقتراح شيء ما ، واتخاذ قاعدة ما ثم العثور على انها جيدة بالنسبة الى عدة اشخاص ومع ذلك فهي خاطئة وغير عامة ولا شاملة . . » .

ان مأخذ فرمات Fermat محق. الا ان تقدم الرياضيات سوف يتحقق من خلال هذا التواري لروحية الدقة ، التي لم تبق متمثلة الا بهويجنHuygens ونيوتنNewton. وحتى هذان اعتبرا فعالية التقنيات افضل من تبريراتها النظرية .

ومهما يكن من امر، يجب الاعتراف بفضل واليس Wallis لانه اظهر جدوى وقوة التقريبات العديدة غير المحدودة . فهو قد اهتم مثلاً ، بالكسور المنهجية العشرية والستينية ، وبين ان العلاقات الجذرية تولد الكسور الدورية وان الكسور الصماء غير الجذرية تولد الكسور غير الدورية . وقدم حاصله الشهير اللامحدود اللامتناهي حول التقريبات اللامحدودة لـ $4/\pi$.

واستنبط صديقه لورد برونكرLord Brouncker،من نفس العدد، تعبيراً بواسطة كسر متتابع . هذا النظام الاخير للعد الذي وضعه بومبلي Bombelli، قد عولج بصورة منهجية في بداية القرن من قبل كاتالديCataldi، استاذ في بولونيا. وقدم واليسWallis دراسة اخرى منهجية مرتبطة بالكسور العشرية . وطبقها شونترSchwenter (1585 – 1636) عملياً سنة 1627. واستعمل هويجن Huygens من أجل بناء مرصده الآلي هذا الألغوريتم ، إلا أن هذا القسم من أعماله لم يعرف الا في سنة 1713 بعد موته .

السلاسل المتلاقية ـ ولكن المكسب الاساسي الذي حققته مدرسة واليس Wallis هو التوصل

الى السلاسل المتلاقية . ظهر التعبير باللاتينية ، بمعنىً تحليلي، عند جيمس غريغوري James Gregory (1675 – 1638) (فيرا سيركولي Vera circuli)و (إيبر بولا كوادراتورا Hyperbolae quadratura) (1667) بمفهوم مختلف قليلاً عن المعنى الذي نعطيه اياه نحن . عند غريغوري Gregory القصد هو سلاسل تعطي بآنٍ معاً قيماً زائدة وقيماً ناقصة لقطاع دائري ، وكل مزدوج متتال يتراكب في السابق . وعندها لا يكون من الضروري ان تلتقي السلسلة بالمعنى الحديث للكلمة . ان كلمة « تلتقي » قد أخذت عن لغة البصريات (جيمس غريغوري James Gregory كان أيضاً عالماً بالبصريات) .

إن السلاسل المتلاقية حقاً والتي استعملها غريغوري فيما بعد ، ظهرت منذ 1650 عند مانغولي Mangoli (1686-1626) وهو استاذ في بولونيا . إلا أن هذا المؤلف عرف في الأوساط الانكليزية حوالي سنة 1670 ، وأعماله لم يكن لها على ما يبدو انعكاسات مهمة .

ان نيكولا مركاتور Nicolas Mercator (كوفمان) Kauffman المولود سنة 1620 . في الهولستين Holstein ، والمتوفى في باريس سنة 1687 هو الذي اطلق حقاً هذه التقنية المهمة جداً . ففي كتابه المسمى لوغاريتمو تكنيكا Logarithmotechnia ، المنشور سنة 1668 في لندن ، وجد مساحة الإيبربول، وذلك عن طريق الاختزال اولاً في سلسلة جيومترية (1/1 +x) ثم بدمج الحد بالحد وفقاً لاسلوب واليس Wallis . وقد عثر هذا الاخير وبذات السنة على نتائج مشابهة نشرها سنة 1670 .

وقد كان للاسلوب نجاح باهر، وخلال بضع سنوات برع به جامس غريغوري James Gregory ونيوتن وليبنيز Leibniz، Newton . والامتياز يعود حتماً الى اسحاق نيوتن Isaac Newton الذي عثر على السلاسل لا بالقسمة فقط ، بل بذي الحدّين Binôme الذي يحمل بحق اسمه ، بالنسبة الى المضعفات Puissances القياسية النسبية لـ (1+x) . وكشف سنة 1676 ، وبعد مدة طويلة من الاكتشاف ، أنه عثر على تطويرات القوس الأجوف (x) . والقوس الأجوف المقلوب x وجيب التمام x الخ ، وسلاسل مماثلة بالنسبة الى قوس القطع الناقص (Ellipse) وحتى بالنسبة الى أهلة Segments وأقواس تربيعة دينوسترات (Dinostrate) ، إذا لم نكن بعد قد توصلنا الى الحساب اللامتناهي الكلاسيكي فإننا قد اقتربنا منه كثيراً .

هويجن ـ Huygens يختلف هويجن Huygens ، كرياضي ، تماماً عن واليس Wallis . وهو، اكثر من كافاليري Cavalieri او من توريشلي Torricelli ، حصيلة تربية اكاديمية متطورة جداً . ذلك ان تلميذي كاستلي Castelli قد حرما للاسف من تأثير فيات Viète . وبالعكس كانت مجموعة تلاميذ شوتن Schooten قد تلقت زيادة على تأثير الكلاسيكيين الكبار من الاغريق، تأثير فيات Viète ، وتأثير ديكارت Descartes بصورة مباشرة ايضاً واكثر حداثة . فقد كان شوتن Schooten هو ناشر الرياضيين الكبيرين وكان التلميذ المباشر لديكارت .

وبعد ان اجتمع هذا التأثير المبارك بعبقرية التلميذ، اعطى النتائج الحلوة التي حصل عليها هود

Hudde، أو فان هورات Van Heuraet . وعندما التقى هذا التأثير بالعبقرية، كان هويجن Huygens (1629 — 1695). ولن ندرس هنا الا المظهر الرياضي الخالص لعمل هذا العالم العالمي ، رغم احساسنا بكل ما في هذه الطريقة من اصطناع ، كما سحسه تجاه نيوتن الذي يشبه هويجن Huygens بكثير من النواحي. فقد كان هويجن يجمع الى جانب القدرة على الاختراع عظيمة ، احساساً بالجمالية الرياضية متطوراً جداً . فهذا الميل الى الاناقة والى الدقة حمله على ان لا ينشر الا الانجازات الكاملة ، ولذا كانت منشوراته متأخرة دائماً ؛ ولهذا كان من الواجب دراسة رسائله من اجل معرفة تحليل اختراعاته . واشهر كتبه (أورولوجيوم أوسيلاّتوريوم Horologium Oscillatorium، باريس 1673) يعرض اكتشافات حول الرقاص امتدت طيلة عشرين سنة ؛ فهو يبين كيف يتصرّف الرياضي الأصيل تجاه إغراءات التجربة .

وكان الشاب هويجن يبتغي هدفاً تقنياً : تكييف الرقاص ، مع توقيت الساعات . وقد لاحظ ان تواقت التأرجحات ليس مطلقاً كما اعتقد غاليله. ولكي يصحح عدم التواقت اعتمد اسلوب تخفيض اوتوماتيكي لطول الرقاص عندما يتسع مدى التأرجح . وهذا التخفيض يتم بفضل قوسين مقعرين بصورة منهجية حول نقطة ربط الخيط بحيث يلتف هذا الخيط حولها بصورة جزئية . حتى الآن نحن ضمن اطار التقنية الخالصة التجريبية وان بدت انيقة جداً .

ولكن الرياضي لم يكن راضياً . ماذا يجب ان يكون عليه مسار النقطة الوازنة حتى يكون التواقت مطلقاً ؟ نصادف هنا احد الامثلة الاولى من المسائل التي سوف يطرحها عدد كبير من الرياضيين وخصوصاً تلامذة ليبنز Leibniz .

اما مسعى هويجن في الاختراع فمختلف تماماً عن مسعاه في عرضه لسنة 1673 . فقد قام بدراسة اولى استعمل فيها تقنيات غاليله عندما يكون المسار قوس دائرة . وعندما عاد الى التكامل المباشر (بين اللامنقسمات) الذي ادخل ما سيكون فيها بعد العلاقات او الوظائف الاهليلجية (البيضاوية)، احل هويجن Huygens المسار ببارابول شديد المماس (Surosculatrice) (ذكره حرفياً سان فانسان de Saint —Vincent، سنة 1647، مع ان التعبير يعود أصلاً الى مدرسة ليبنز). وهكذا رُدَّ الى المتكامل $\int_0^h \frac{dz}{\sqrt{z(h-z)}}$ هذا المتكامل عرف بفضل تغيير روبرفال Roberval ، وانما يجب ان يكون المرء على اطلاع على مناهج ديكارت Descartes حتى يرى هذه العلاقة . وهذا المتكامل يعبر عن التواقت الكامل. فما هو اذن المسار الذي يعبر بدقة عن هذا التكامل ؟ .

ولكن كنّا في سنة 1658 ، في عصر تحدي باسكال Pascal لكل الرياضيين في العالم حول الروليت. هذا المنحني الذائع الصيت هو الذي قدم الحل حالاً : المسار يجب ان يكون سيكلوييداً .

الروليت - ربما نكون قد عدنا الى المنحنى الاكثر اهمية من بين المنحنيات كلها التي درست في القرن 17 . يعرض باسكال Pascal بشأنه توضيحاً رائعاً حول تقنية اللامنقسمات فيستخرج اقصى ما فيها ويصل بها هنا الى الذروة . ولكن رن Wren (1932 — 1632) الذي اعاد بناء لندن،

كمهندس معماري، بعد حريقها الكبير، صحح قوس السيكلوييد البسيط. وحالاً بينَّ باسكال Pascal ان اقواس النوعين الآخرين من السيكلوييد يردان الى اقواس اهليلجية بيضاوية. وبين فرمات Fermat ان المنحنيات المستخرجة من الروليت بالتجاذب العامودي تتقوم اما بواسطة اقواس دوائر او بواسطة اقواس بارابولات.

وتقدم تقويم اقواس المنحنيات، الشائع كثيراً، تقدماً آخر ملحوظاً. إذ بذات الوقت تقريباً، وبالاستقلال التام. قوَّم تلميذ واليس Wallis، و. نيل (1637 – 1670) W.Neil، والهولندي هندريك فان هورات Hendrik Van Heuraet وفرمات Fermat البارابول نصف المكعب ($ay^2 = x^3$). وقدم فرمات فضلاً عن ذلك مذكرتين جيدتين، نشرت الاولى في كتب صديقه لالوبير Laloubère (1600-1664) حول أقواس المنحنيات، والثانية، التي لم تنشر من قبل ابنه إلا في سنة 1679، حول أساليبه في التكامل. وكانت الاثنتان رائعتين دقة وأناقة فتجاوزتا تماماً المستوى الذي توصل اليه باسكال. وفي المذكرة الثانية يوجد التكامل المباشر بالسلسلات الجيومترية. هذا الاسلوب المتأخر نوعاً ما عند فرمات، ربما اوحي اليه بالتبيين الذي قدمه روبرفال (1643) Roberval وبمقترحات توريسلي Torricelli حول « الكونوييد Conoide الحاد». ويعرض القسم الثاني من المذكرة وسائل تحليلية لتغييرات المتكاملات، انيقة جداً، ولكنها صعبة التتبع، لان التعابير كانت يومئذ غير كاملة.

كل الناس كانوا يستعملون عندئذ المثلث المميز الذي اكتشفه ليبنيز Leibniz وهو يقرأ باسكال Pascal، سنة 1673، بناء على نصائح هويجن Huygens، في كتاب جيوب (سينوس) ربع الدائرة. وقد احسن الافادة منه، ولكن دتونفيل Dettonville بالذات استعمله في ظروف اخرى مثلاً في كتابه الى هويجن حول « حجم الخطوط المنحنية في الروليتات».

المتطورة والمطورة ـ نعود الى هويجن والى دراساته حول الرقاص، لقد توصل، عن طريق المعدات الرياضية في عصره، معدات كانت تزداد رهافة، الى العثور على المنحنى المتواقت (الايزوكروني). وبقي عليه، بعد ذلك، ان يجد اللويحات التي تنتظم طول الخط حتى تستطيع كتلة الرقاص البسيط ان ترسم تماماً الروليت. وبعد بقاء الخيط عامودياً على المسار، جُرَّ الى دراسة المتطورات والمطورات، وهي نظرية اسمها وسار بها الى نتائجها القصوى. وحدد متطورة المخروطات وبين ان متطورة منحنٍ هندسي هي بذاتها هندسية وقابلة للتصويب جبرياً وان متطورة السيكلوييد هي سيكلوييد مساوٍ.

نيوتن ـ **Newton** ولكن رجلين، نيوتن وليبنيز Newton et Leibniz، بعد ان ورثا من كل اعمال القرن قاما باستخلاصها والتأليف بينها واستخراج حسابات جديدة منها. واصبح هويجن Huygens، في اواخر ايامه، واحداً من منافسيها، ومنافساً صديقاً وخيِّراً بالنسبة الى تلامذتها الأوائل.

ونيوتن في الرياضيات يقرب كثيراً من هويجن، وله مثله، معارف اساسية متينة. ومن حيث

تكوينه العام، يستحق ان يقارن بصديقه وسابقه على المنبر اللوكازي Lucasienne في كمبريدج، اسحاق بارو (1630 — 1677) Isaac Barrow. كان هذا الاخير ذا ثقافة كلاسيكية عظيمة، واعطى ونشر مختصرات ممتازة للرياضيين الاغريق. و« محاضراته الرياضية » درست بعمق بالغ اسس العلم. وفي « محاضراته الهندسية » 1670 بين العلاقة بين المسألة المعكوسة للمماسات والتربيعات.

وعرف نيوتن مثل بارو Barrow، وبعمق الكلاسيكيين الاغريق العلميين مع اعجابه وانجذابه نحو علماء العصر. وقد استوعب تماماً ديكارت Descartes. وتعتبر دروسه التي نشرها تحت عنوان « الحسابات الكونية » (1707) خير دليل على ذلك. اذ هي تشكل، بنوع من الانواع، تفسيراً وتتمة للجيومتريا.

ودراساته حول المنحنى من الدرجة الثالثة، والمستوحاة، ربما، من انتقادات فرمات حول تصنيفات ديكارت، تنمي تقنيات الهندسة التحليلية وتظهر كل فعاليتها. وكتابه الاساسي « برانسيبيا » Principia يُعتبر من ناحية الرياضيات البحتة، كنزاً لا يثمن، فيه اختصر المقدمات الهندسية في عصره وعصور الاقدمين.

وفي حوالي سنة 1665 خطرت لنيوتن أولى أفكاره حول حساب التفاضل، واكتشف توسيعه لذي الحدّين. ولكنّه لم يسلّم مكتشفاته للطباعة سوى متأخراً جداً. وقد ضمن أفكاره حول الحسابات الجديدة في كتابه الكبير حول نظام الكون: « الفلسفة الطبيعية لمبادىء الرياضيات »، 1687، وفي محاولاته، « تحليل المعادلات ذات الحدود اللامتناهية » الذي كتبه سنة 1669، ولكن نشر سنة 1711، « طريقة التفاضلات والسلاسل اللامتناهية » الذي كتبه باللاتينية سنة 1671 ولكن ترجم إلى الإنكليزية جون كولسون John Colson وطبع بهذه اللغة سنة 1736، وكتاب «Tractatus de quadratura Curvarum»، الذي كتب سنة 1693 وطبع سنة 1704 كملحق لكتابه عن البصريات «Opticks». وفي كتابه الأخير هذا صرّح بما يلي:

« لا اعتبر المقادير الرياضية وكأنها تتألف من اجزاء متناهية الصغر، بل وكانها مرسومة بحركة دائمة. والخطوط لا ترسم وتتولد لا بفعل تراكم اجزائها، بل بفعل الحركة الدائمة للنقط، والمساحات بفعل حركة الخطوط، والاحجام بفعل حركة السطوح او المساحات؛ والزوايا بفعل دوران الاضلاع، اما الزمن فهو وليد تيار دائم. واعتبر اذاً ان الابعاد التي تنمو في ازمنة متساوية هي اكبر او اصغر بحسب ما اذا كانت تنمو بفعل سرعة اكبر او اصغر، واني افتش عن طريقة من اجل تحديد الابعاد سنداً لسرعات الحركات او التزايد الذي يولدها. وسميت دفعات (Fluxions) او تدفقات سرعات هذه الحركات او التزايدات، في حين سميت المقادير المولّدة « متدفقة »، وقعت، في حوالي السنتين 1665 — 1666، على طريقة التدفقات التي سوف استعملها في تربيع المنحنيات ».

اذا افترضنا x القيمة المدروسة، المتدفقة فان تدفقه يمثل بـ $\dot{x}$، واذا كان المتغير المستقل، الزمن في الصورة الفيزيائية المعتمدة من قبل نيوتن Newton، له عزم، او تزايد متناهي الصغر (صفر) فعزم x يكون ($\dot{x}$ 0). وهكذا يبدو التدفق النيوتني تماماً كمشتقنا الحاضر. وتدفق التدفق يرمز اليه بـ $\ddot{x}$، الخ.

والمقدار الذي يقبل بـx كتدفق تكون متدفقته هكذا $[x]$ او x' او x ولوغاريثم حساب التدفقات يرتكز على البحث عن تدفق حاصل الضرب. واستنتج نيوتن من ذلك مثلاً ، في المقدمة اللوغاريثمية II، كتاب II من « البرانسيبيا » Principia (المبادىء) ان التدفق الناتج عن :

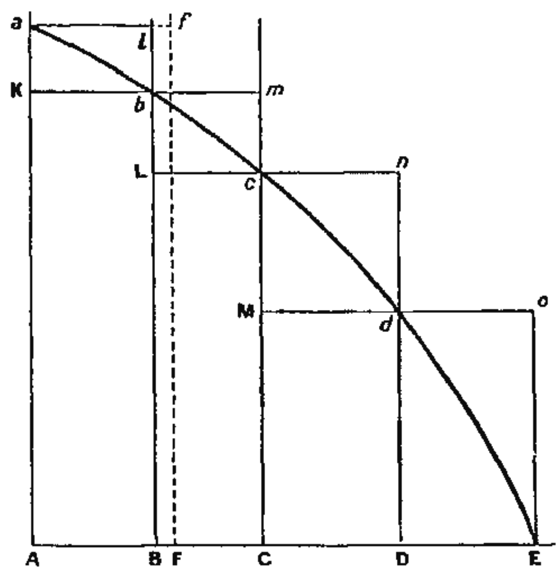
$A^m B^n C^p$ هو : $maA^{m-1}B^nC^p + nbA^mB^{n-1}C^p + pcA^mB^nC^{p-1}$

إذا كانت a وb وc هي تدفقات A وB وC وهذا مهما كانت الأسّات m وn وp صحيحة أم كسرية ، إيجابية أم سلبية .

وافكار نيوتن Newton في عمقها قريبة نوعاً ما من افكار ليبنيز Leibniz. الا ان عرضه، وان لم يصل الى الدقة الحالية، يبدو اكثر حذراً من عرض منافسه. انه يوضح تصوراته، دون ان يدخل ملاحظاته ، في مطلع (المبادىء) ضمن ما يسميه « منهج الاسباب الاولى والاخيرة ». فهو يعلن ويقرر المقدمات اللوغاريثمية التالية (وبعض تعابيرها فقط ابدلت وحدثت) :

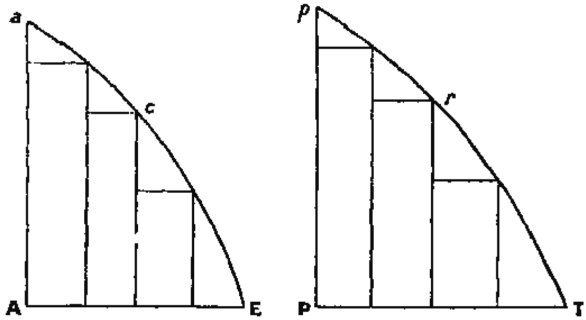
القاعدة I ـ ان الكميات او علاقات الكميات التي تنزع بصورة دائمة الى التساوي في زمن متناهٍ ، والتي قبل نهاية هذا الوقت ، تقترب اكثر، قرباً ينفي عنها كل فرق معلوم ، هي في النهاية متساوية .

وان انكر احد ذلك، وقال انها غير متساوية ، وان فرقها الاخير هو D ،فإنها لا تقترب من التساوي اكثر من الفرق D، وهذا ينافي الطرح .



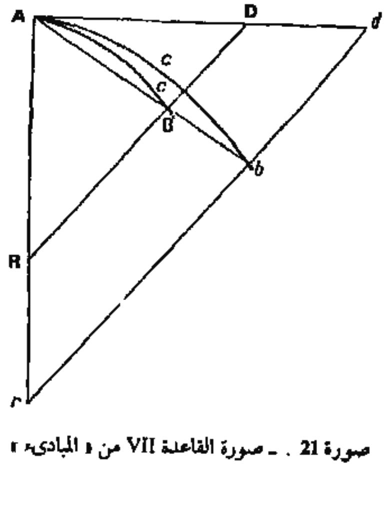
صورة 19 ـ صورة القاعدة II من « مبادىء » نيوتن

القاعدة II ـ إذا رسمت ضمن رسمة ما (Aa cE) واقعة بين المستقيم Aa وAE والمنحني a b E، متوازيات عدة Ab وBc وCd... ذات قواعد متساوية AB وBC وCD وDE واضلاعها Bb وCc و Dd الخ . موازية للضلع Aa من الرسمة ، وان أكملنا متوازيات الأضلاع aKbI وbLcm وcMdn الخ ، ثم إذا كانت قواعد المتوازيات أخذت تتناقص الى ما لا نهاية في حين أخذت أعداد تتزايد الى ما لا نهاية ، أقول أن العلاقات الأخيرة القائمة بين الرسمة المدموجة AKbLcMdD والرسمة الداجة AaIbmcndo والخط المقعر AabcdE هي علاقات مساواة (الصورة 19)



صورة 20 . ـ صورة القاعدة IV من « المبادىء »

لان الفرق بين الصورة المدموجة والصورة الداجة هو مجموع المتوازيات Kl، وLm وDo اي، بما ان كل القاعدات متساوية ، فان المستطيل الاساس Kb، ذا الارتفاع المكون من مجموع الارتفاعات Aa، هو المستطيل ABla، ولكن هذا المستطيل ، ذا القاعدة AB التي تتناقص باستمرار، هو اصغر من كل مستطيل معين . وإذن ، بموجب القاعدة 1 ، تكون الرسمات الداخلة والمحيطة ، وبصورة أولى الرسمة المحدودبة الوسيطة متساوية في النهاية » .



صورة 21 . ـ صورة القاعدة VII من « المبادىء »

القاعدة III ان «نفس الروابط هي في النهاية روابط تساو حتى ولو كانت قواعد متوازي الاضلاع (AB، BC،CD) الخ غير متساوية وتتناقص بدون حد. نفترض بهذا الشأن AF تساوي القاعدة الاكبر ونفترض اكمال متوازي الاضلاع (FAaf). ان هذا الاخير اعلى من الفرق بين الرسمات الداخلة والرسمات الخارجة (بالنسبة الى الدائرة)، وقاعدته AF تتناقص باستمرار، فهو اصغر من كل مستطيل معين». ويلي ذلك بعض اللزوميات او النتائج الطبيعيات .

القاعدة IV ـ اذا تضمن شكلان AacE وPprT سلسلتين من متوازيات الاضلاع بنفس العدد، وانه عندما تتضاءل القاعدات الى اللانهاية، فان النسب الاخيرة فيما بين متوازيات احدى السلسلتين، مع مقابلاتها في الاخرى، تكون متساوية فيما بينها، واقول ان الشكلين او الرسمتين AacE وPprT هما فيما بينهما بنفس هذه النسبة» (صورة 20) .

ونحن لا نورد التبيين القصير جداً، فالقاعدة الخامسة تؤكد، بدون اثبات، انه في رسمتين متماثلتين، تكون الاطوال المتوافقة، مستقيمات او منحنيات، متناسبة، في حين ان المساحات تكون فيما بينها بنسبة مضاعفة لنسبة الاطوال. والقاعدة 6 تصرح بان زاوية المماس لمنحنٍ، ولوتر متلاشٍ، هي بذاتها متلاشية، وإلّا لما كان للخط في النقطة المعتبرة انحناء متتابع .

القاعدة VII ـ «بعد وضع هذا، اقول ان النسبة الاخيرة بين القوس والوتر والمماس، فيما بينها هي نسبة مساواة. اذ بينما تقترب B من النقطة A، نتخيل AB وAD ممدودين حتى bd، في حين يظل القاطع BD موازياً لـ bd. نجد القوس Acb مشابهاً دائماً للقوس ACB. وعندما تطابق النقطة A والنقطة B فان الزاوية: dAb، سنداً للقاعدة السابقة، تتلاشى، والمستقيمان المتناهيان Ab وAd والقوس الوسط Acb تتوافق فيما بينها واذاً تكون متساوية. ولهذا يكون المستقيم AB وAD، والقوس AcB، المتناهية والمتناسبة معها، ذات صلات تنتهي عند المساواة .

هذه الامثلة تبين طريقة «الاسباب الاولى والأخيرة» التي وضعها نيوتن في مطلع كتابه المبادىء، حتى يتجنب طريقة القدماء الثقيلة والدقيقة، مع عدم استعماله اللامنقسمات التي قال بها كافاليري Cavalieri. وهذه الطريقة الاخيرة، «ضعيفة الجيومترية» و«صعبة التصديق» .

نلاحظ مع ذلك ان نيوتن Newton ظل اميناً في المبادىء، عند تحديد جاذبية الكرة مثلاً على جسيم صغير، ظل اميناً للتجميع المباشر عند حساب متكامل معين. بل انه استعمل لغة شبيهة بلغة اللامنقسمات، ذلك انه اعتبر نفسه مخولاً استعمال قواعده. ورغم رهافة هذه الاساليب النادرة، فقد ظلت تعتبر لمدة طويلة معيبة في عمل العالم الكبير. الا ان شال Chasles دافع عنها في كتابه «نظرة تاريخية» مؤمناً بحق في تفوق بعض الاساليب الهندسية المباشرة على الاساليب التحليلية واليوم يمكن تكريم نيوتن كسباق في الحساب التوجهي وفي الجيومترية اللامتناهية الصغر والمباشرة .

ليبنز ـ Leibniz نترك الفيلسوف الكبير والرياضي يتكلم. كتب في رسالة وجهها الى جاك برنولي Jacques Bernoulli في (نيسان 1703): «عندما جئت الى باريس 1672 كنت جيومترياً تعلمت على نفسي، انما قليل التجربة، ينقصني الصبر في مراجعة البيانات الطويلة. وحينما كنت طفلاً

درست الجبر الابتدائي على شخص اسمه لونزيوس Lanzius، ثم درست كلافيوس Clavius؛ اما جبر ديكارت Descartes فقد بدا لي صعباً جداً. وبدا لي اني امتلأت بثقة فيها جرأة بنفسي. فقد كنت اتجرأ على مطالعة كتب اعمق مثل كتاب الهندسة لكافاليريCavalieri، وكتاب عناصر الخطوط المقوسة للمؤلف ليوتود Léotaud، بعد ان عثرت عليه عرضا في نورنبرغ Nuremberg. واردت ان اسبح لوحدي بدون معلم... وضعت لنفسي عندها حساباً هندسيا يعبر عن المتغيِّرات، بمربعات ومكعبات، دون ان اعلم ان فيات Viète وديكارت Descartes قد عالجا هذه المسألة بافضل مني. وفي هذا الجهل الكبير للرياضيات، لم اركز انتباهي الا على التاريخ والحقوق، مكرساً نفسي لدراستها. الا ان الرياضيات كانت تعطيني تسلية الذ. فقد كنت احب بصورة خاصة تعلم الالات والتعرف عليها واختراعها. وفي هذه الحقبة اكتشفت آلتي الحسابية. وفي هذا الوقت ايضا قدم لي هويجن Huygensالذي اعتقد، حسب ظني، أني أكثر قدرة مما أنا عليه، نسخة صدرت حديثاً عن «الرقاص». وكان في هذا بالنسبة الى بداية او فرصة لدرس جيومتري اكثر عمقاً. وفيما كنا نتحدث، بين لي انني لا امتلك فكرة واضحة عن مركز الثقل النوعي؛ وفسر لي ذلك بكلمات قليلة واضاف ان دتيونفيل Dettonville اي (باسكال: Pascal قد احسن معالجة هذه المسألة. ولما كنت انساناً مطيعاً الى اقصى حد، وانني في اغلب الاحيان، وفي ضوء بعض الكلمات من رجل عظيم، استمددت موضوع تأملات لا تنتهي، ادركت بسرعة قيمة نصائح الرياضي الكبير، لأنه سهل علي ان ارى كم كان هويجن Huygens عظيماً. وخجلت من جهلي هذا الشيء واردت بجدية دراسة الجيومترية، وطلبت دتونفيل Dettonville الى بيو Buot وكذلك غريغوار سان فنسان Grégoire de Saint – Vincent الذي كان موجوداً في المكتبة الملكية. وبدون تأخير درست هذه الكتب وهذه الزوايا، التي اخترعها فنسان Vincent واكملها بسكال Pascal. ورأيت بلذة هذه الملخصات والمجاميع، والمجسمات التي تنشأ عنها، وتبياناتها. كل ذلك كان يعطيني الانس اكثر مما كان يعطيني من الانتاج. وكنت على هذه الحال عندما وقعت صدفة علي بيان دتونفيل Dettonville، السهل جداً في مجاله... ولكن كم كانت دهشتي أن أرى أن باسكال Pascal وكأنه مغمض العينين بقدرة قادر: لأني رأيت حالاً ان قاعدته يمكن أن تطبق عموماً على كل المنحنيات، رغم أن العواميد لا تلتقي عند نقطة واحدة.

وذهبت في الحال الى هويجن Huygens الذي لم اكن قد رأيته منذ زمن وقلت له اني اتبعت نصائحه، واني اهتديت الى شيء جهله باسكال Pascal وعرضت عليه قاعدتي العامة حول تقويم المنحنيات. فأظهر العجب وقال لي ان هذه هي بالضبط النظرية التي ارتكزت عليها بناءاته لايجاد مساحات الكونوييد البارابولي الاهليلجي والايبربولي. واضاف ان رويرفال Roberval وبوليو Bouillau قد عجزا عن اكتشافها. وبعد ان امتدح تقدمي.... اقترح عليّ ان ارجع الى ديكارت Descartesوسلوزslusel اللذين يعلمان أسلوب وضع المعادلات المحلية، وهذا برأيه مريح للغاية. وإذا فقدت عدت الى تمحيص كتاب الجيومتريا لديكارت Descartesوأضفت اليه كتاب سلوزSluse، متخصصاً في الجيومتريا من خلال باب الخروج. وقد حفزني النجاح والكمية الرائعة من المواد التي

اخذت تتولد امام عيني. وكتبت بذات السنة بضع مئات من الصفحات، وقسمت عملي الى قسمين، القابلة للتخصيص وغير القابلة للتخصيص او المعينة وغير القابلة للتعيين. في المعينات الحقت كل ما اشتققته من المضادر التي استقى منها كافاليري Cavalieri وغولدين Guldin وتوريشلي Torricelli وغريغوار سان فانسان Grégoire de Saint –Vincent وباسكال Pascal، مقتطفات المقتطفات او مجاميع المجاميع ، والانتقالات .. والاسطوانات المبتورة ... أما غير المعينة فألحقت بها كل ما حصلت عليه من استعمال هذا المثلث الذي سميته بعد ذلك المميز؛ واستخرجت اشياء اخرى مماثلة. وبدا لي ان هويجن Huygens ووالبس Wallis كانت لهما الاسبقية بالفكرة الأولى. وبعد ذلك بقليل، وقع بين يدي جيومتريا جيمس غريغوري James Gregory. فرأيت فيه نفس الفن(وان كان غامضاً بفعل تبيانه وفقاً للاسلوب القديم) ؛ واخيراً قرأت بارو Barrow، ووجدت فيه مختصراً للقسم الاعظم من قواعدي. ولم اتأثر لاني رأيت في ذلك لعبة، حتى بالنسبة الى جديد، تعلم هذه المعلومات وحذقها مرة واحدة. ثم رأيت انه توجد اشياء اعلى ايضاً، ولكن من اجل تفسيرها ، لا بد من طريقة جديدة في الحساب. وعندها صنعت تربيعي الحسابي واشياء اخرى مشابهة استقبلها الفرنسيون والانكليز بحماس. ولكني لم اجد هذا العمل جديراً بالنشر. لقد شبعت من هذه السخافات ، عندما رأيت المحيط ينكشف امامي. وتعرف جيداً كيف حصلت الاشياء فيما بعد ورسائلي التي نشرها الانكليز بانفسهم خير دليل على ذلك » .

وبمقدار ما كان ليبنز Leibniz تلميذاً لأي أحد فهو قبل كل شيء تلميذ هويجن Huygens الذي سدد خطواته الأولى وهو بقراءته تلميذ كل الجيل الذي سبقه انه تلميذ كافاليري Cavalieri كما هو تلميذ غريغوار سان فانسان Grégoire de Saint. Vincent ، وتلميذ ديكارت Descartes وسلوز Slüse، وباسكال Pascal وَغريغوري Gregory وبارو Barrow . والكاتب الوحيد الذي خلص منه في تلك الحقبة هو فرمات Fermat . ولكن هويجن Huygensمشبع بأفكار فرمات Fermat كما هو مشبع بأفكار ديكارت Descartes أو غاليليه Galilée .

ومهما يكن من امر، استخرج ليبنز Leibniz بوضوح مبادىء الحساب التفاضلي، واوجد ترقيماً ممتازاً (وقد كان لهويجن Huygens ترقيم فيما خص متناهيات الصغر من الدرجة الاولى، ولكنه لم ينشر ترقيمه). وعرض ليبنز اللوغاريتم المقابل ، وحدد هوية المسألة المعكوسة للمماسات وماهاها مع مسألة التكامل. وبهذه الطريقة تم تأسيس الحساب التكاملي والتفاضلي.

عرضت افكار ومفاهيم ليبنز Leibniz في مذكرتين نوفا ميتوديس Nova methodus . . (اكتااريدوتوروم 1684 Acta eruditorum) وو جيومتريساريكونديتا De geometria recondita . . . (اكتاريدوتوروم ، 1686, Actaeruditorum)

ونجد في الكتاب الاول الطريقة لتفريق كل نوع من الكميات العقلانية الجذرية ، وغير الجذرية، الكاملة او الكسرية. وطبق ليبنز Leibniz طريقته على مسألة فرمات Fermat حول مسار شعاع ضوئي بين مكانين مختلفين، واثبت ان منحنى ديبوم de Beaume ينقلب الى اللوغاريثمية. وفي الكتاب الثاني عرض القواعد الاساسية لحساب التكامل .

ولكن بعد 1675، كما تذكر اوراقه اصبحت ترقيماته ومبادئه ناجزة. وفي رسالة الى الاب كونتي Conti، كتب يقول :

« كنت جديداً على هذه المواد، ولكني سرعان ما اكتشفت طريقتي العامة من خلال سلاسل عشوائية، وأخيراً دخلت في حساباتي التفاضلية، حيث ساعدتني ملاحظاتي أثناء صغري حول الفروقات بين سلاسل الأرقام على فتح عيني . لأني لم أصل عن طريق تشابك الخطوط ، بل عن طريق الفروقات بين الأعداد ، باعتبار أن هذه الفروقات إذا طبقت على المقادير التي تتزايد باستمرار ، تتلاشى اذا قورنت بالمقادير المختلفة بدلاً من ان تبقى ضمن الاعداد (لان الاعداد تقفز او تنقص بقفزات) . واعتقد ان هذه الطريقة هي الاكثر تحليلاً، ذلك ان الحساب الجيومتري للفروقات والذي هو نفس حساب التدفقات لم يكن الا حالة خاصة في الحساب التحليلي للارقام عموماً . وهذه الحالة الخاصة تصبح اكثر سهولة بفعل التلاشي » .

وربما كان كتاب ليبنز الى جان برنولي Jean Bernoulli اكثر تعبيراً عن اسلوبه فقد كتب له جان برنولي يخبره عن اكتشاف سلسلة، ليست في عمقها الا كتابة اخرى لسلسلة تايلور. وقد عرض برنولي في رسالته سلسلة حصل عليها بواسطة طريقة قريبة من التكامل بالاجزاء وفيها :

$$\int n\,dz = nz - \frac{1}{1.2}zz\frac{dn}{dz} + \frac{1}{1.2.3}z^3\frac{ddn}{dz^2} - \frac{1}{1.2.3.4}z^4\frac{dddn}{dz^3}\text{ etc.}$$

وبين 6 – 16 كانون اول 1694 اجابه ليبنيز بانه تأمل في باريس، اعمال دتونفيل .

نفترض سلسلة متناقصة : $a, b, c, d,$ etc.
إن فروقاتها الأولى هي : $e, f, g, h,$ etc.
وفروقاتها الثانية : $l, m, n, o,$ etc.
وفروقاتها الثالثة : $p, q, r, s,$ etc.
وفروقاتها الرابعة : $t, u, v, x,$ etc.
وفروقاتها الخامسة : $\beta, \gamma, \delta, \theta,$ etc.

$$a = e + f + g + h, \text{ etc.} = 1\,l + 2\,m + 3\,n + 4\,o, \text{ etc.}$$
$$= 1\,p + 3\,q + 6\,r + 10\,s, \text{ etc.} = 1\,t + 4\,u + 10\,v + 20\,x, \text{ etc.}$$

ومن جهة اخرى :

$$e = e;\ f = 1\,e - 1\,l;\ g = 1\,e - 2\,l + 1\,p;\ h = 1\,e - 3\,l + 3\,p - 1\,t,$$

وهكذا دواليك .

فاذا وضعت هذه القيم في : $a = e + f + g + h$, etc., يأتي :

$$\begin{aligned} a = {} & 1\,e \\ & 1\,e - 1\,l \\ & 1\,e - 2\,l + 1\,p \\ & 1\,e - 3\,l + 3\,p - 1\,t \\ & 1\,e - 4\,l + 6\,p - 4\,t + 1\,\beta \\ & \text{etc.} \end{aligned}$$

ولكن في الحساب التفاضلي نضع y بدلاً من a ، وبدلاً من e، l، p، t، β نضع fy ، ddy ، d^3y ، d^4y ، d^5y ، الخ .

بدلاً من الوحدة نضع dx بشكل يكون معه :

$$1 + 1 + 1 + 1 \ldots = x;\ 1 + 2 + 3 + 4 \ldots = \int x;$$
$$1 + 3 + 6 + 10 \ldots = \int\int x, \text{ etc.}$$

فنحصل على :
$$y = dy.x - ddy \int x + d^3y \int\int x - d^4y \int\int\int x, \text{ etc.}$$

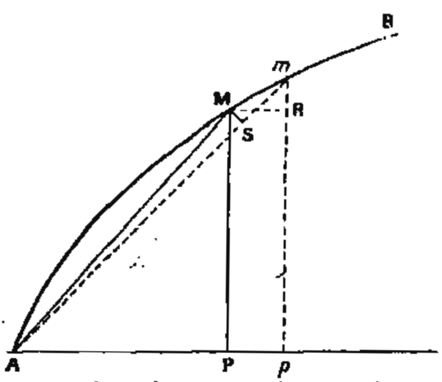
ولكن :
$$\int x = \frac{1}{1.2}\,xx;\ \int^2 x = \frac{1}{1.2.3}\,x^3;\ \int^3 x = \frac{1}{1.2.3.4}\,x^4, \text{ etc.,}$$

ومنها بعد اعادة الانسجام : «
$$y = \frac{1}{1}\,x\,\frac{dy}{dx} - \frac{1}{1.2}\,xx\,\frac{ddy}{dx^2} + \frac{1}{1.2.3}\,x^3\,\frac{d^3y}{dx^3} \text{ etc. »}$$

ولتوضيح المظهر النهائي تقريباً لمفاهيم ليبنيز Leibniz بخصوص الحساب التفاضلي، سنأخذ بعض المقاطع من « تحليل الاعداد المتناهية الصغر » للمركيز دي لوبيتال . وبدا الكتاب الذي نشر سنة 1696 واضحاً جداً ، فقد عرض مبادىء هذا الحساب، كما قال بها جان برنولي Jean Bernoulli الذي علمها للمركيز سنة 1691 .

تعريف 1 ـ نسمي كميات « ما بأنها « متغيرات » تلك التي تتزايد او تتناقص باستمرار. وبالعكس نسمي كميات « ثابتات = ثوابت » تلك التي تبقى هي هي في حين تتغير الكميات الاخرى حولها . من ذلك انه في البارابول تكون المطّبقات (الصاديات) والمقطوعات (السينيات) كميات متغيرة في حين ان البارامتر هو كمية ثابتة .

تعريف2 ـ والجزء المتناهي الصغر الذي يزيد او ينقص في كمية متغيرة ، وباستمرار يسمى « الفرق ».



صورة 22 . ـ صورة التعريف 2 من « تحليل الأعداد اللامتناهية الصغر »

نفترض مثلاً خطاً منحنياً AMB له محور او قطر الخط AP، وأخذُ مطبقاته المستقيم PM، ونفترض وجود مطبقٍ آخر pm متناهي القرب من الاول. بعد هذا الطرح، ان سحبنا الخط MR موازيا لـ AP والوترين AM وAm ، ثم نوصل من المركز A والفرجة AM، القوس الصغير الدائري MS : يكون Pp هو فرق AP وRm فرق PM وSm فرق AM وMm فرق القوس AM. ويكون المثلث الصغير MAm وقاعدته القوس Mm، فرق القسم AM وتكون الفسحة الصغيرة MPpm فرق

الفسحة الواقعة بين المستقيمين AP وPM والقوس AM. (صورة 22) .

المسلَّمة 1 ـ من المؤكد ان الفرق في كمية ثابتة معدوم أو يساوي صفراً(أو أيضاً) ان الكميات الثابتة ليس لها فرق .

تنبيــه ـ نستخدم فيما بعد الإشارة او الميزة d للتدليل على فرق كمية متغيرة نعبر عنها بحرف واحد. ولتفادي الابهام فان هذه الملاحظة ليس لها استعمال آخر في تتمة الحساب هذا. وان سمينا مثلاً المتغيرات : x,AP; ,PM, y، z,AM,؛ وسمينا القوس AM، u، والفسحة الواقعة بين الخطوط s,AMP, والقطعة الوتر t,AM: عندها تعبر dx عن قيمة Pp وdy عن قيمة Rm وdz عن القيمة Sm وdu عن قيمة القوس الصغير Mm وds عن الفسحة الصغيرة MPpm وdt عن المثلث الصغير MAm.

I ـ المطلوب او الافتراضـ المطلوب امكانية تبادل ، دون فرق، كميتين لا تختلفان فيما بينهما ، الا بفارق متناهي الصغر : او (ما يعني الشيء نفسه)؛ بكمية لا تزاد ولا تنقص الا بكمية اخرى متناهية الصغر بحيث تظل الاولى تعتبر وكانها هي . يُطلب، مثلاً، اذا كان بالامكان اخذ Ap مكان AP وpm مكان PM والفسحة Apm وكانت الفسحةAPM، والفسحة الصغيرة MPpm مكان المستطيل الصغير PMpR والقطعة AMm مكان المثلث الصغير AMS والزاوية mAp مكان الزاوية MAP ، الخ .

II ـ مطلب او افتراض ـ المطلوب امكانية اعتبار خط ما وكانه تجمع عدد لامتناهٍ من الخطوط المستقيمة ، كل واحدٍ منها متناهي الصغر (او ما يعود الى نفس الشيء)كـأنــه متعـدد الأضـلاع ، ذو اضلاع لا متناهية العدد، كل ضلع منها متناهي الصغر، وهذه الخطوط تشكـل ، عن طريق الـزوايا الموجودة بينها ، انحناء الخط . ويطلب على سبيل المثال، ان يكـون الجــزء من المنحني Mm وقـوس الدائرة MS معتبرين كخطوط مستقيمـة بسبب تناهي صغـرهمـا، بحيث يكـون المثلث mSM وكأنـه مستقيم » .

الملفت بالدرجة الاولى هو السمة الملموسة والجيومترية ، لهذا التصور الاول للحساب التفاضلي ولم يكن ليبنيز Leibniz قد توصل بعد الى استخراج المفهوم المجرد للوظيفة (العلاقة). وقد توصل اليه بعد ذلك بقليل مع جان برنولي Jean Bernoulli، وكان هذا احد اجمل عناوين مجدهما . رغم ميل البعض الى تناسي هذا الامر .

ونلاحظ فيما بعد الطلاقة في عرض المطالب. فالجيل السابق قد اوضح ورتب كل هـذا ، بشكل صالح في أغلب الأحيان ، ولكنه تردد أمام التأكيد العام المطلق . وبالنسبة لليبنز نجدنا في مواجهة وقائع مكينة بما فيه الكفاية بحيث يمكن اخذها كنقاط انطلاق دون الاضطراب حول تبريرها الذي يتم بصورة لاحقة ، من خلال نجاح المنهج

وقد اقر ليبنز Leibniz في اول الامر مجاميع وحاصلات ضرب وقسمة . ففيها خص حاصلات الضرب ثم وضع :

$$(x + dx)\ (y + dy) - xy = ydx + xdy + dxdy$$

ثم لا يحتفظ الا بالحدين الاولين اذ كما يقول لوبيتال L'Hôpital، dxdy هي كمية متناهية الصغر بالنسبة الى بقية الحدود او العناصر . ومن اجل التفريق بين حاصل قسمة $x : y = z$ ؛ يفترض $x = yz$ ومنه : $dx = zdy + ydz; \quad dz = \frac{dx - zdy}{y} = \frac{ydx - xdy}{y^2}$

وكذلك تفرق المثقلات x^m وفيها يكون m غير محدد .

ويتوقف الغوريتم الحساب التفاضلي هنا. وهذا يكفي لرسم المماسات، مماسات المنحنيات، ثم العثور على الحدود القصوى والدنيا وعلى نقاط الانثناء او الارتداد ، والتراجعات ، وعلى المتطورات ، وعلى سطوح الاحراق بفضل الانعكاس، وعلى التكسر وعلى الغلافات .

ونشير فقط الى تعريف الفروقات ذات المراتب العليا : « يسمى القسم او الحصة المتناهية الصغر التي يتزايد فرقها بالنسبة الى كمية متغيرة ، او يتناقص باستمرار، « فرق الفرق » بالنسبة الى هذه الكمية او يسمى فرقها الثاني». وهي تحمل عنوان او رمز ddx، اما الفرق الثالث فيسمى dddx او d^3x الخ .

ومنذ بدأ ليبنزLeibniz في البحث، حدد ماهية المسألة المعكوسة ، مسألة المماسات ، وسواها بالتربيع او بالتكامل. وتصوره او مفهومه للحساب التفاضلي، جره الى هذا مباشرة. اما مسألة المماسات فقد جرته الى مراقبة « المثلث المميز » الذي تتألف ضلوعه الثلاثة من فروقات : فرق السينية dx، وفرق الصادية dy، وفرق القوس ds. أما المسألة المعكوسة فتقوم على الصعود من الفروقات الى العلاقات (Fonctions = دالات). ولكن العملية المعاكسة في البحث عن الفروقات هي عملية المجاميع .

كتب يقول : « هذه الطريقة او الحساب التفاضلي، يستخدم في الفروقات كما يستخدم في المجاميع التي هي عكس هذه الفروقات تقريباً ، كما ان الحساب العادي لا يستخدم فقط في المثقلات بل يستخدم ايضاً في الجذور التي هي عكس المثقلات (Puissances) » .

وكتب لوبيتال L'Hôpital بنفس المعنى : « قاعدة : ـ اذا كان هناك عدد ما من الكميات a,b,c,d,e الخ . سواء كان هذا العدد متناهياً او لا متناهياً ، وسواء كانت هذه الكميات خطوطاً أم مساحات أم مجسمات، فالمجموع: a− b+ b−c+ c−d −e الخ ، المؤلف من فروقات هذه الكميات يساوي الكمية الكبرى a - الكمية الصغرى e، او يساوي ببساطة اكبرها ، عندما تكون الصغرى صفراً . وهذا أمر واضح » . (تحليل الكميات المتناهية الصغر مادة 96) .

ولكن التجميع او الحساب التجميعي هو طريقة اللامنقسمات لدى الاجيال السابقة ، وهو ايضاً

حساب المساحات والاحجام. ولكن تطور الافكار برز بوضوح عندما فضل جاك برنولي Jacques Bernoulli، حوالي سنة 1690، استعمال عبارة «الحساب التكاملي»، وذلك لكي يبين انه في هذا الحساب، يتم البحث عن الكل انطلاقاً من الفرق أو من القسم. وهذا يعني تقديم مسألة المماسات المعكوسة على مسألة التربيع. فضلاً عن ذلك يبدو التفريق في نظر ليبنزLeibniz وكأنه العملية الاولية، والابسط، والممكنة دائماً، ذلك ان التكامل لا يمكن ان يحصل بصورة دائمة.

«... بما انه من غير الممكن دائماً استخراج الجذور فعلياً من اجل الوصول الى المقادير الجذرية في الحساب العام، فانه من غير الممكن كذلك اعطاء المجاميع او التربيعات من اجل التوصل الى المقادير العادية او الجبرية في التحليل المشترك. ولكن عن طريق السلاسل غير المتناهية يمكن دائماً التعبير عن مقادير مكسورة كما هو الحال بالنسبة إلى الأعداد الصحيحة، والتعبير عن المقادير التي لا يمكن حصرها، بالجذريات، والتعبير عن المقادير التجاوزية بالمقادير العادية».

واسلوب التكامل لم يعد هو الجمع المباشر، بل اسلوب «اجمالي شامل» بحسب تعبير جورج بوليغان G.Bouligand، ويستنتج من جدول بالفروقات، محسوبة مباشرة، بعد القراءة المباشرة، جدول للمتكاملات. وتتيح التغيرات الجبرية المستوحاة من اساليب ديوفانت Diophantiennes، وذلك في الحالات المناسبة، إرجاع حسابات التكاملات المقترحة، إلى قراءة هذا الجدول. وعندما لا تنجح التلمسات وفقاً لهذه الطريقة، تغير الدالة او العلاقة المقترحة الى سلسلة كاملة يتيح الجدول دمجها حداً حداً او عنصراً عنصراً. وعلى هذا وبخلال القرن الثامن عشر انتقل التجميع المباشر، اكثر فاكثر الى المرتبة الثانية، اذ ان تكامل الرياضيات في تلك الحقبة كان بصورة ادق دالتنا الأصل.

ومن الغرابة ان ترقيم ليبنز، $\int f(x)dx$، بقي معمولاً به وهو ترقيم يذكر، بالمناسبة بالتجميع المباشر لعدد غير محدود من اعداد لا متناهية الصغر.

ومن اجل تمييز مدرسة ليبنز باختصار نقول ان الرياضيين الذين شكلوها يستعملون بمهارة ألغوريتم شديد الايحاء، وهم يأخذون بالمقارنات وكذلك بالايحاءات التي يُوحي بها هذا الألغوريتم. وظهرت الطريقة خصبة جداً ولكن اسسها تحتاج الى اعادة نظر جدية. تألفت المدرسة على يد مؤسسها ليبنز من جاك برنولي وجان برنولي ومن لوبيتال. وقد مكن فكر ليبنز التبشيري ثم استخدامه لمجلته «اكتاايروديتورم»، وغزارة وخصب الاخوين برنولي، واناقة نثر لوبتيال، ـ هذه المدرسة من ان يكون لها تأثير كبير على الفكر الرياضي.

وبالاجمال يعتبر نيوتن وليبنز المخترعين للتحليل المتناهي الصغر الحديث. وقد غرفا معاً مباشرة من معارف الجيل السابق. ولكن الرغبة في الدقة غلبت على نيوتن. واوجد ليبنز الترقيم التفارقي او التفاضلي: $dx, d^2x, d^3x, \ldots$، وهو ترقيم ايحائي من بعض الجوانب، وقد ساد خلال القرن الثامن عشر. الا ان ترقيم نيوتن حيث يلعب منهج التفاضل دوراً اساسياً، هو الاقرب الى ترقيمات وقتنا الحاضر.

لقد اعطى ليبنز للمتكاملة الترقيم التالي $\int f(x)dx$ الذي يذكّر بالحساب المباشر عن طريق الجمع وهو حساب الاقدمين، كما يذكر بمنهج اللامنقسمات. .ولكن الامر يتعلق، كما تـذكر بـذلك كلمة تكامل ـ بما نسميه بدائية ، او دالة يجب تحديدها بعد ان عرف تفاضلها، وهذا بالضبط مماثل تماماً ، لما هو عند نيوتن [x] التي تساوى الدافقة Fluente التي يساوي دفقها x.

والطريقتان تستخرجان من الجيومتريا فتنتهيان الى التحليل المجرد في القرن الثامن عشر، والذي ساد فوق القارة، حتى قيام مدرسة مونج .

لقد طغى على حساب ليبنز، وكذلك على حساب نيوتن المسار الهندسي. ولم يتحرر منه الا بصورة تدريجية. واخيراً يستعمل المخترعان السلاسل في تكاملاتها بصورة منهجية .

وقد استعمل نيوتن مناهجه ، سواء في مظهرها التحليلي ام في مظهرها الهندسي، من اجل حل المسائل الفيزيائية الرياضية والفلكية . وقد وسع ليبنز والاخوان برنولي المسألة المعكوسة في المماسات. واستخرجوا منها حل المعادلات التفارقية او التفاضلية .

ومتابعة دراستنا تقتضي مباشرة مرحلة جديدة هي القرن الثامن عشر . وقد فتحها الخصمان الكبيران ، كما أغلقا بالتمجيد تاريخ الرياضيات في عصر يستحق هنا كما في مجالات اخرى بان يلقب بالقرن العظيم .

الفصل الثاني :
ولادة علم جديد : الميكانيك

في فجر القرن السابع عشر اثار علم الميكانيك بحوثاً سوف تساعد على تكوينه بخلال القرنين اللاحقين كعلم حق. نمط من بناء عقلاني لظاهرات خاصة، أو نموذج سوف يستخدم لسلاسل اخرى من الظاهرات . هذا العلم الجديد رأى النور مع غاليليه وتضمن بصورة اساسية ، مع قوانين سقوط الاجسام ، حل مسألة حركة القذيفة في حال انعدام المقاومة في الوسط . والمسألة وحلولها كانت اساسية لاكتشاف منهجية علمية حقاً ، ولكن، عند البحث عن لغة جديدة مناسبة ، كان العلم الجديد ما يزال ضعيفاً : ومن الجدير توضيح قواعده الاولى ، ومفاهيمه ومبادئه ، ثم تفسير قوانينه العامة . ثم تطبيقها على انظمة النقط وعلى الاجسام الجامدة ، ثم توسيعها لتشمل حركة الاجرام السماوية ثم من اجل خلق ميكانيك في الاوساط المتابعة المستمرة بواسطة الهيدروديناميك او التحريك السوائلي. تلك كانت مهمة القرن 17 والقرن 18 . مهمات ضخمة لا نستطيع نحن الا رسم خطوطها الكبرى[1].

I ـ غاليليه وتأثيره

ان الهدف الاول من هذه الدراسة هو تبيان العناصر الرئيسية لعمل غاليليه في الميكانيك .

ان التحليل الذي قام به آ. كويري A.Koyré لكتاب : « موتوليبري X » De motu Libri X لمؤلفه ف. بوناميكو F.Bonamico، استاذ الفلسفة في بيزا Pisa، يوم كان غاليليه يدرس فيها، يتيح فهم المناخ المشبع بالمدرسية ، والذي اتصل فيه غاليليه بالعلم . وكتبه الاولى، وبصورة خاصة دراسة لكتاب « دي موتو » De motu مكتوبة في بيزا بين 1589 و1591 ، تحمل أثراً واضحاً لهذه المدرسية . أشار غاليليه الى الشبه ، بين الحديد البعيد عن النار ، والذي يعود بصورة تدريجية الى برودته الطبيعية وكذلك الى « الصفة الصوتية » التي يكتسبها الجرس المقروع ، والتي تنطفىء قليلاً

---

1 ـ لقد توفي ريني دوغاس René Dugas، مؤلف الفصول المتعلقة بالميكانيك في القرن 17وفي القرن 18، قبل ان ينتهي تماماً النص الذي كتبه، ولذلك تولى الاب كوستابل P.Costabel اكماله ، كما تولى مراجعته في الطبعة الثانية .

قليلاً وكأنها تصادم الصمت الطبيعي للجرس ، ويعتبر غاليليه الحركة كقوة مطبوعة تضعف بصورة تدريجية في القذيفة التي انفصلت عن محركها .

ولا يكفي ان نقول انه اعتمد لنشأة الكون صفات ومشابهات ضعيفة مأخوذة عن الفيزياء الارسطية . وهذا الاخذ لم يحط من قيمته بل بالعكس رفع منها . ولكي يراجع أحكامه ويكون نظرة جديدة تجاه المصاعب وتجاه التناقضات لم يكتفِ غاليليه بتتبع ايحاءات عبقريته بل اضطر الى مقاومة التكوين العلمي الذي نشأ عليه .

وكتابه « الحوار بين النظامين الرئيسين للعالم »، نظام بطليموس Ptolémée ونظام كوبرنيك Copernic، المنشور في فلورنسا سنة 1632 يدل على اكتمال الطريق الفكري الذي اجتازه غاليليه . كتب هذا الكتاب باللغة الدارجة بحيث يفهمه جمهور اوسع ما يكون ، وبالاسلوب الاجمل، اي بشكل حوار بين ثلاثة شخصيات اصبحت كلاسيكية : سمبليسيو وهو حامل التراث وسالفياتي Salviati المصلح الحاد، ثم ساغريدو Sagredo الرجل المثقف ذو الحس السليم المعتدل. ويهدف الكتاب بدون شك الى قيادة القارىء عبر مساعي المؤلف، لاقناعه بصورة جيدة. ولكنه لا يسمح بقياس كل تجارب فكرٍ ساعٍ الى الحقيقة . وهذا لا يمكن ان يكون الا نتيجة دراسة طويلة تناولت مصادر ثقافة واسعة جداً .

سقوط الاجسام ـ على فم سمبليسيو Simplicio اكد المدرسيون : ان السبب في الحركة النازلة لاجزاء الارض ، كما يعلم الناس جميعاً هي الجاذبية » ويرد سالفياتي Salviati: انت تخطىء يا سمبليسيو Simplicio . عليك ان تقول : ما لا يجهله احد، هو ان هذا السبب يسمى جاذبية . ولكن لا اسألك عن الاسم ، بل عن جوهر هذا الشيء . وباستثناء الاسم المفروض على هذا الشيء ، والذي اصبح مألوفاً بالإستعمال ، نحن لا نفهم اي شيء عن هذا الشيء ، ولا عن القوة التي تجعل الحجر يسقط ولا عن القوة التي تحمل الحجر المقذوف نحو الاعلى ولا عن القوة التي تحرك القمر في مداره » .

هل كان غاليليه يشك، في هذا النص التنبوئي ان ظاهرات ذات مظاهر بمثل هذا التنوع، تربطها بنية واحدة، الامر الذي شغل اساس بحث نيوتن Newton؟ الامر المؤكد هو ان غاليليه قد فهم مساوىء المنهج المرتكز على الاسماء وانه وجد الوسيلة في ابراز تناقضاته .

كان سمبليسيو Simplicio مثل كل الناس في اواخر القرن السادس عشر يعتقد انه اذا ثقبنا الكرة الارضية بحسب قطرها ، ورمينا كرة في هذا الثقب، فان الكرة تصل الى مركز الارض بموجب قانون طبيعي داخل الارض فاذا وصلت الى المركز فانها تتابع حركتها .

« ولكن سالفياتي Salviati اجابه ان الحركة وراء مركز الارض ، الا تكون صاعدة ، وسنداً لتأكيداتك ، الا تكون عنيفة وضد الطبيعة ؟ وفقاً لاي مبدأ سوف تجعلها محكومة الا للمبدأ الذي يجعل الكرة تنزل نحو مركز الارض والتي تسميها انت داخلية وطبيعية؟» .

كان غاليليه يعرف اذاً ان لا فرق بين « الثقل » و« الخفة » وان سقوط الاجسام والحركة الصاعدة في القذائف المقذوفة نحو الاعلى يجب ان تفسر وفقاً لذات القانون الاساسي. وتأرجحات الرقاص، وقد تأمله كثيراً،دلته على ان الحركة نحو الاعلى هي ردة فعل معكوسة للحركة نحو الاسفل. فضلاً عن ذلك لقد دحض من مدة بعيدة الاطروحة الارسطية حول استحالة الفراغ واكد في كتاب « دي موتو » De motu» الذي سبق ذكره انه في الفراغ يمكن تبين حقيقة سمات الثقل النوعي والحركة. واخيراً وبعد 1604 (رسالة الى بولوساربي) Paolo Sarpi اكد قانون السقوط الذي ظل طيلة قرن حتى قُبِلَ : ان المسافات المقطوعة في ازمنة متساوية هي مثل الاعداد المفردة بعيدة عن الوحدة. وتمسك بهذا القانون بناء على تجارب كررها مئة مرة كما قال فيما بعد في كتابه (ديسكورسي Discorsi . . . ، ليـد Leyde ، 1638). نقول بثقة اكبر ان النتائج التجريبية اعطته فكرة هذا القانون وانه عرف كيف يعزو الى مقاومة الهواء الانحرافات بالنسبة الى القانون المثالي اي الى قانون السقوط الحر في الفراغ .

وموقفه تجاه موضوع السقوط كان جديداً تماماً ، ويتضمن عناصر ثورة علمية . لقد سبق لارسطو ان قال ان الجسم الساقط تتسارع سرعته ، ولكنه استسلم لتفسير سببي ونوعي بآن واحد : وقد جرى الامر كذلك لان المتحرك يجب ان يعود بأسرع ما يمكن الى مكانه الطبيعي . أما غاليليه فلم يطمئن الى التمييز بين الحركات الطبيعية وغير الطبيعية ، ورفض التعرف على الاسباب الغامضة والتي لا يمكن تحقيقها. وشاهد الحركة المتسارعة في السقوط ،فأدرك قانون مسافاتها بحسب الزمن المنصرم واراد ان يعرف كيف يمكن استخلاص هذا القانون الكمي ، منطقياً ، من نسبة رياضية بسيطة. هناك فرق جذري في المناخ .

ولكن غاليليه امضى وقتاً طويلاً حتى اكتشف تماماً هذه النسبة الرياضية البسيطة . ووضعها اولاً بين السرعة وارتفاع السقوط الامر الذي اقتضى جره الى قانون للمسافات مختلف تماماً عن القانون الذي يتوجب عليه تبنيه . وان هو توصل الى هذا التبين فما ذلك الا بعد اخطاء كثيرة. ولكنه تميز بانه استطاع ان يدرك بصورة تدريجية التصحيحات الواجبة، واستطاع ايضاً ان يتخلص من تلقاء نفسه ، من مهزلة الاخطاء التي وقع فيها. وتوصل الى حل نهائي وصحيح : ان السرعة تتزايد مثل الزمن ، وهي لا تكشف سبب الجاذبية الارضية ، ولكنها تميز كمياً ، بحسب تعبيره هو، « الاستعمال » البسيط جداً للطبيعة ، في الحركة العامودية للاجسام المقذوفة نحو الاسفل او نحو الاعلى . وهذا الاستعمال هو تسريع ثابت .

حركة المقذوفات ـ في حين عجز المدرسيون والميكانيكيون في القرن السادس عشر عن معالجة حركة القذائف بصورة كاملة، استطاع غاليليه ان يحل هذه المشكلة بتحليل ممتاز ظهر من خلاله ، مع مبدأ الجمود، مبدأ اندماج الحركات، واستقلالية مفاعيل القوى.

والنص الاساسي بهذا الشأن ورد في « ديسكورسي » Discorsi . فهو يؤكد ان متحركاً مقذوفاً على سطح افقي، بغياب كل عائق، يتابع حركته المتسقة الى اللانهاية فيما لو كان السطح لا نهائياً . ولكن اذا كان السطح محدوداً ، وعندما يتجاوز المتحرك الخاضع للجاذبية طرف السطح « فانه يضيف

الى حركته الاولى الموحدة والمستمرة الشد نحو الاسفل » الذي هو من فعل الجاذبية. من هنا تنشأ حركة مركبة من الحركة الافقية ومن الحركة المتسارعة النازلة، ويبين غاليليه ان مسار القذيفة هو بارابول. ويشير على لسان ساغريدو Sagredo ان التحليل يفترض ان تكون الحركتان المركبتان « بعد اختلاطهما لا تدمر احداهما الاخرى ولا تصابان بالاضطراب ولا تحد احداهما الاخرى». واشار ايضاً على لسان سالفياتي Salviati بان مقاومة الهواء قد تغير المسار بالنسبة الى القذائف السريعة جداً مثل قذائف الاسلحة النارية.

يجب ان نشير هنا الى مقدار تعلق مبدأ الاستقلال المتبادل بين الحركات بالصعوبات التي اثارها نظام كوبرنيك Copernic. فاذا كانت الارض تدور حول نفسها فكيف نفسر عدم بقاء القذائف، والعصافير والسحب « متأخرة »؟.. هنا انحاز غاليليه بعزم الى تيار فكري متماسك ولكنه غير واضح. والتفسير المقبول الذي من شأنه ان يدحض الاعتراضات الارسطية ويفضح اوهام الحس السليم المزعوم، هذا التفسير هو ان الجسم الطائر في الفضاء الارضي يشارك في حركة الارض، وان هذه الحركة موجودة في هذه الاجسام ولكنها غير مرئية، وهي بدون مفعول نسبي على الارض، ولكنها موجودة بالتركيب مع كل حركة تقوم بها هذه الاجسام بالنسبة الى الارض.

واذا كان مبدأ تركيب الحركات في استقلالها المتبادل قد وضع بوضوح وادرك بوضوح، الى درجة انه لم يحتج فيها بعد الى تصحيح اساسي، فان الامر يختلف بالنسبة الى قانون الجمود. وكما قال
٦ آ.كويري A.Koyré بحق ان غاليليه لم يستطع تصور جسم محروم من جاذبيته. وبالضبط، ومن اجل استبعاد مفعول هذه الجاذبية فانه مضطر الى وضع الجسم فوق سطح افقي. ومع ذلك فمن الملحوظ تماماً انه عرف كيف يميز، بعد التأمل والتجارب حول السطح المنحني، حالة الجسم الموضوع فوق سطح افقي، بعبارات تحمل معنى التجريدات والبديهيات المستقبلية. ولما كانت نزعة الحركة القصوى بالنسبة الى جسم معين يتّبع الخط العامودي، تتضاءل مع تضاؤل السطح المتخذ ركيزة، فان هذه النزعة تلغى فوق السطح الافقي الذي يمنع التقارب من « المركز المشترك الذي تنزع اليه الاشياء الثقيلة ». وعلى هذا فالجسم الموضوع فوق سطح افقي « لا يتأثر بالحركة وبالسكون وليس له بذاته اي ميل للتحرك بأي اتجاه، وليس له اية مقاومة ضد اية حركة ». هذه اللامبالاة تجعل من الجسم المتحرك محروماً من اي سبب يجبره على التوقف او على تغيير حركته. وبهذا تبقى الحركة متسقة.

وعلى العموم يثبت الحل الذي نادى به غاليليه بشأن حركة القذائف، مبادىء اساسية وصيغة تتضمن تطورات جديدة. فهي تمثل هذه الحركة وكأنها تتضمن بذاتها، وبشكل عجيب الحركتين الابسط: الحركة الموحدة العارية من القوة، والحركة المتصاعدة السرعة حيث تعمل الجاذبية الارضية بتسارع ثابت. ولكن بالضبط لأن غاليليه قد اهتدى الى الحركة الموحدة بفعل حيلة من شأنها ان تستبعد فعل جاذبية الارض، فهو لم يستطع اطلاق قانون الجمود وهو: « النقطة المادية المعزولة هي في حركة مستقيمة وموحدة ».

تأرجح الرقاص ـ يريد التراث ان ينسب الى غاليلي اكتشاف تواقت التأرجحات في الرقاص

سنة 1583 وهو يتأمل اللمبات المعلقة في كاتدرائية بيزا. وفي ديالوغـو Dialogo، اكد عـلى التواقت التقريبي للرقاص ولكنه بدا مؤمناً بنسبية المدة مع طول الخيط (الزمن يكون اقصر، كما يقـول، كلما كانت الدائرة المرسومة اقصر). والقانون الحقيقي لنسبية مربع المدة مع طول الخيط لم يظهر الا في سنة 1637، من خلال رسائله وقد عاد اليه في ديسكورسي Discorsi. وفي 1641، وقبل سنة من وفاته، أظهر غاليليه رغبته في تطبيق الرقاص على تنظيم ساعة ذات رقاص

هذه الوقائع كانت ذات مغزى : فهناك من جهة الاهتمام بموضوع قياس الزمن وهو موضوع اثار نتائج عملية، وجدد الافكار النظرية، وهناك ايضاً بروز نموذج : التأرجح الذي خرجت منه اعتبارات مثمرة.

وفيما خص الارتباط بين الجاذبية وتارجح الرقاص ،اكتفى غاليليه بالاشارة في ديسكورسي، الى ان تقصير طول الرقاص البسيط عند مروره بـالخط العامـودي، وذلك بحشر مسمـار، فان الكتلة المتحركة تصعد رغم ذلك الى نفس المستوى .

وقد اعتبر هذه النتيجة كدليل وكحصيلة لهذا « الطرح » الاكيد وهو ان « السرعات التي يكتسبها جسم نازل على سطوح مختلفة الانحدارات تكون متساوية عندما تكون ارتفاعـات المساقط نسبـة الى العامودي متساوية ». وعاد هويجن Huygens فيما بعد الى هذا الطرح وأيَّده : ان السرعة المكتسبة اثناء سقوط عامودي او فوق سطح منحدر، هي، في كل حين، السرعة التي تتيح، في الاتجاه المعـاكس، وبخلال اي مسـار أو مسافة ، العودة الى نفس مستوى الانطلاق. وقانون سرعات السقوط الحر، وهي نسبية الجذر التربيعي لارتفاعات السقوط، يتيح هكذا دراسة حركة نقطة ذات ثقل فوق مطلق جانب وهذا يقتضي الاعتراف بان غاليليه قد فتح الطريق أمام هذا المكتسب المهم مكتسب أواخر القرن .

مقاومة المواد والهيدروستاتيك ـ ان مقـاومة المعـادن او المواد هي اول علم من علمـين اراد غاليليه تأسيسهما حين كتب ديسكورسي. الا ان تقريره بهذا الشأن تافه لانه طرح فكرة التوتر الداخلي وقد بسط بما فيه الكفاية النظام، حتى لا تتدخل الفكرة الا ضمن علاقات شاملة عامة في حالة سكون خالص (ستاتيك) .

وفيما خص الجسور المؤطرة التي يعتبرها وكأنها مؤلفة من خيوط غير قابلة للمط، والتي يريد ان يتجاهل تشويهها تحت الحمل، لم تتميز العبارات التي يقترحها ، من اجل لحظة الخسعة ، الا بانها تزيد في تأثير العبء وتأمين تطبيقات عملية هي الى حد بعيد تحت الحدود الفعلية للانكسار.

وكان غاليليه اقل توفيقاً بالنسبة الى الحلول التي يقترحها بالنسبة الى جانب جسر له نفس وذات المقاومة في كل جزء من اجزائه ، وبـالنسبة الى شكـل خيط او سلسلة معلقة بـين نقطتـين . ان هذه الحلول التي تستخدم البارابول، هي حلول خاطئة، الا انها تتميز ايضاً بميزة هي انها تحفز التفكير نحو مواضيع سوف تشغل افكار الميكانيكيين، وسوف يكون لها في نهاية القرن تأثير شاحذ لذكاء المبتكرين ، مبتكري الحساب التفارقي والتكاملي في مجال التطبيقات التي سبقت تسميتها بالفيزيائية ـ الرياضية .

كان غاليليه، وهو يكتفي بالانطلاق من معطيات تجريبية يجهل التمددية ويقصر التحليل على تماسك الجوامد مفضلاً مقاومة الفراغ بين قسمين متلاصقين، هذه المقاومة التي تظهر من خلال صعوبة فصل سطحين صقيلين متماسين.

ونجد ثانية، هذه المقاومة للفراغ، المنسجمة، تماماً مع مفاهيم عصره، في بعض عناصر الهيدروستاتيك التي تناولها غاليليه. وكان سالفياتي Salviati ـ وهو يفسر قول ساغريدو Sagredo حول الاستحالة التي يعرفها المتمرسون، استحالة مص الماء بواسطة مضخة الى ما فوق 18 ذراعاً ـ يتصور بهذا وسيلة لقياس حدود « قوة الفراغ ». وليس في هذا تقديم ضخم، ولكن ليس بالامكان التقليل من اهمية الدور الايجابي للخطوة التي تحققت نحو طرد الفكرة القديمة فكرة « الخوف من الفراغ » .

وفي معالجته لانبوب المص «سيفون» Siphon في ديسكورسو Discorso منشور في فلورنسا سنة 1612، يشير غاليليه ان كمية صغيرة من الماء محتواة ضمن اناء ضيق توازن كمية كبرى في أناء واسع لان انخفاضاً صغيراً في الثانية (الكبرى) يؤدي الى رفع كبير للاولى. وهنا رغم وجود سابقين له، ورغم انه يستعمل مبدأ توازن ذي منحىً ارسطي، فانه (أي غاليليه) قد سبق باسكال Pascal وذلك حين ركز على السبب الهندسي (الجيومتري) .

وفي النهاية، اذا كانت المجالات التي سبقت الاشارة اليها، لم تحقق بالنسبة الى مساعيه نجاحات حقة، فانه (أي غاليليه) ظهر من خلالها سباقاً نشيطاً حين عالجها كرياضي، وهو بهذا المجال، بدا ذا تأثير ضخم .

عمل توريشلي Torricelli ـ كان توريشلي تلميذاً مباشراً لغاليليه، وقد اعطى سنة 1644، في فلورنسا، دراسة حول حركة الاجسام الوازنة حيث وسع ومنهج ديناميك كتاب ديسكورسي Discorsi لغاليلي. وهكذا ساهم في نشر افكار معلمه، مع اثبات اصالته الذاتية. وقد تناسى المشاريع الأخيرة عند غاليليه، فاثبت حكمه حول تساوي السرعات المكتسبة، طيلة مختلف الاسطح المنحنية، ضمن اطار نفس ارتفاع المسقط، وذلك مع ارتكازه على مبدأ اقترن باسمه: لا يستطيع جسمان مرتبطان فيما بينهما ان يتحركا تلقائياً، ما لم تنزل نقطة ثقلهما النوعي المشتركة. هذا المبدأ استعاده وعممه هويجن Huygens فبدا على بساطته وبداهته، مفيدا ومثمراً للغاية .

وظل اسم توريشلي Torricelli مقروناً ـ ليس فقط بالتجربة البارومترية (تجربة ميزان الضغط الجوي) التي سميت من زمن باسكال، تجربة ايطاليا ـ بل ايضاً باول قانون كمي حول سريان السائل عبر ثقب ضيق موضوع في القسم الاسفل من اناء . وقد اكتشف تورشيلي هذا القانون بالمقارنة مع سقوط الاجسام، متصوراً ان السائل مقذوف نحو الاعلى، عند خروجه من الاناء، وانه يستطيع بلوغ المستوى الداخلي للاناء . وقد استحق من جراء هذا ان يعتبر البادىء في اوليات البحوث في مجال «الهيدروديناميك» (تحرك السوائل) .

الاب مارين مرسين P.Marin Mersenne ـ بفضل الاب مرسين (ميكانيك غاليلي، باريس

1634) عرف عمل غاليليه، في الميكانيك ـ ،وهو اقل توريطاً من كوسمولوجيته (علم الفلك) ـ الانتشار في فرنسا، وحتى في اوروبا، انتشاراً لم تكن شهرة صاحبه لتكفي من اجل تأمينه. والجميع يعرف الدور الجليل الذي لعبة هذا الكاهن الصغير كوسيط بين العلماء والفضوليين، والاهمية الضخمة لرسائله الغزيرة في تطوير العلوم .

كان مرسين ، قبل كل شيء مولعاً بالتجارب من كل نوع، وقد اعطى على صعيد المبادىء ، ادلة عديدة على حنكته وبراعته . ولكن استقلالية فكره ظلت اكيدة ، وعلى هذا، ومع اعجابه الشديد بغاليليه وديكارت فانه لم يظهر بمظهر المنحاز ، لا لهذا ولا لذاك .

وعكف مرسين ، وقد ساورته الشكوك حول العقيدة الغاليلية فيما يتعلق بسقوط الاجسام ، نتيجة عدم إدراكه لميزتها العقلانية، بجد ومثابرة على التجارب العملية حول القانون الشهير. واستخدم تأرجحات الرقاص ، بهذا الشأن ، بشكل موفق جداً ، مع ربطها بالسقوط فوق سطح منحدر. وبفضل تجاربه حول مدات التأرجح اكتشف مرسين ، وبدون تردد، قانون نسبية الجذر التربيعي لطول الرقاص، وهو القانون الذي اعلنه غاليليه بعد تلمس .

ولكن مساهمته الاصيلة تتوقف عند تطور الميكانيك بالذات . لقد كان اقل الهاماً ، فلم يوفق في اعادة التجربة التي ذكرهاغاسندي Gassendi حول دوران سطح تأرجح الرقاص ، او بالاحرى، لقد ضَلَّ في تفسير الرقاص، فبحث في ظاهرة مدِّ البحر وجزره ، راغباً في ملاحظة ما لا علاقة له ابداً بالموضوع .

غاسندي Gassendiـ في سنة 1624 شرع غاسندي بالنشر، مبيناً اخطاء المدرسيين، مفنداً استعباد التلامذة باسم كلام « المعلم » . ولكنه سرعان ما التزم جانب الحذر « ساعياً وراء السلامة لنفسه» « خاضعاً للظروف ». ولكن هذا لم يمنع هذا الكاهن الجليل من ان ينصب نفسه مقرضاً لأبيقور Epicure وناهجاً نهجه في الحقل غير الديني .

وبشكل مغاير تماماً للعالم كما تخيله ديكارت ، بدا الفضاء برأي غاسندي Gassendi مجرد قدرة على استقبال الكائنات ؛ وهذا الاطار هو بآنٍ واحد ضخم ، غير متحرك، غير جسدي، وضروري. اما الزمن في فهم غاسندي فهو ايضاً غير محدود، وغير جسدي وغير مخلوق، وهو يمضي حتى بغياب اية حركة في كل هذا بداغاسندي طليعة مدرسة كامبريدج التي الهمت بدورها نيوتن .

توجد مادة اولى مشتركة بين كل الكائنات. وهذه المادة تقسم الى ذرات ملآنة وغير قابلة للاختراق . وشكل هذه الذرات متنوع جداً ، وهذا ينبي عن تنوع الأجسام في الطبيعة . والذرّة ذات وزن ، أي أنّها قابلة للتحرّك بذاتها .

والحركة حددها غاسندي، وكانها مجرد الانتقال من مكان الى مكان ، عملية تكون غير ممكنة في عالم ديكارت الملآن . والذرّات هي السبب الاول المحرك. وهذا يعني ان المادة بمفهوم غاسندي مزودة بنشاط كما سيكون بشكل آخر الهيولي عند ليبنيز Leibniz .

وحول مبدأ الجاذبية الارضية بالذات ، ينفصل كاسندي عن غاليليه: ان الجاذبية ليست خاصية تمتلكها الاجسام بالذات. انه جذب الارض هو الذي يخلق الثقل. وهذا الجذب قد ينقلب الى مادة بسلسلة من الجزئيات بين جسم ما والارض. وفقاً لاسلوب مستوحى من كبلرKepler

وعلى صعيد الميكانيك الوضعي، وبهدف دحض الاعتراضات الموجهة ضد حركة الارض، اجرى كاسندي في عرض البحر من مرسيليا، سنة 1640، التجربة التي اشار اليها غاليليه في ديسكورسي ومؤداها التسبب بسقوط حجر من اعلى سارية سفينة متحركة : وقد وقع الحجر في اسفل الصاري، وكما صرح بذلك غاليليه، ضد اراء المشائين (اتباع الارسطية) . قال غاسندي ان الحجر رسم بارابولاً بالنسبة الى محاور مربوطة بالارض ، الا ان المؤلفة الافقية لهذه الحركة البارابولية لم تشاهد على ظهر السفينة . وهكذا اثبت نوعاً من انواع مبدأ النسبية .

في نظر غاسندي كل الحركات عنيفة. بمعنى انها تتطلب دائماً محركاً خارجياً . وسقوط الاجسام لا يشذ عن هذا بهذا الشأن. فالحركة العنيفة ـ بعكس قاعدة تؤمن بها المدرسة ـ قد تكون مستمرة ان كانت موحدة متسقة . وهذا يجرنا الى مبدأ الجمود: ان الحجر الموضوع في فضاءات خيالية ، هي وراء عالمنا المرئي، وبالتالي بمعزل عن مفعول الارض، يبقى هادئا ساكنا الى الابد. وان جاء سبب ما يطرده منها، فان هذا الحجر ينتقل بحركة موحدة وبدون نهاية. وهكذا، في نظر غاسندي يفترض مبدأ الجمود وبوضوح، متحركاً متحرراً من كل اثر خارجي، متحركاً في فضاء فارغ من كل حقل قوة . نضيف ايضاً ان غاسندي كان كوبرنيكياً ، ولكنه في محاضراته في الكلية الملكية (1647) شرح، دون ان يظهر اي تحيز واضح ، انظمة العالم الثلاثة .

II ـ ديكارت

نصل الى ديكارت، الذي اتيح لمؤلفاته ان تسيطر على القرن حتى ظهور المبادىء (برانسيبيا) Principia لنيوتن وحتى بعده. وتميز بين ميكانيك ديكارت ، اي المسائل المحددة التي درسها ، والاوالية الديكارتية ، اي نظامه للعالم. وهذا الفصل اتاحه هو، عندما لم يسلم « كتابه حول العالم » على اثر محاكمة غاليليه، وعندما لم يؤد نشر كتابه « المبادىء » (ط لاتينية 1644، وط.فرنسية 1647) الى الغاء هذا الفصل ايضاً .

من الواجب اذن الاعتراف بأن ميكانيك ديكارت يطرح المسائل أكثر مما يحلها بشكل مرض . وبالمقابل ان اواليته، اي محصلة الفيزياء بواسطة مفاهيم الامتداد، والصورة والحركة ، يجب ان تجذب الافكار، بفضل بساطة اساليبها ، وبفضل تذكيرها بايحاءات الخيال البصري، وان تقضي، بفضل مثله ، على الصفات الخفية التي كان المدرسيون يتغذون بها .

ديكارت وبيكمان Descartes et Beeckman ـ بعد رؤية ديكارت اعلاناً يطرح على العلماء مسألة حسابية، وكان يومئذ مجنداً في الجيش En garnison، اتصل بحوالي اواخر سنة 1618 باسحاق

بيكمان Isaac Beeckman. وقام هذا الاخير فيما بعد بتنويره حول عدة مسائل مما كان يشكل يومئذ الفيزياء العامة. وكان هذا التعاون بين ديكارت وبيكمان قد نشر بكامله في « مذكرات » هذا الاخير، بعد ان عثر عليها ونشرها كورنليس دي ورد Cornelis de Waard.

كان بيكمان ذرياً. ولكن هذا لم يمنعه من تأهيل الكون الفضاء بمادة مرهفة سريانها يفسر في نظره، بآن واحد، سقوط الاجسام، وجذب المغناطيس وبعض مظاهر الفراغ.

وكان بيكمان ينادي بحفظ الحركة : كل شيء بعد ان يحرك لا ينزع ابداً نحو السكون، ما لم يكن هناك عائق خارجي يحد من حركته. ويطبق حفظ الحركة في الفراغ، على الحركة المستقيمة كما يطبقه ايضاً على الحركة الدائرية، ويذكر بيكمان كمثل على ذلك الحركة اليومية للارض والحركة السنوية. وهذا يكشف ان بيكمان كان بالتأكيد كوبرنيكياً.

كان بيكمان يؤكد ويهتم باثبات يثبت بالتجربة وجود سرعة محدودة للاجسام الواقعة في الهواء. فهو يرى ان النور مؤلف من جزئيات وان سرعة انتشاره محدودة.

وقد اهتم بيكمان ايضاً بتصادم الاجسام. والقواعد التي اعلنها بهذا الشأن تتطابق تماماً مع القواعد التي اقترحها ديكارت فيما بعد. وبعكس قواعد ديكارت، كانت قواعد بيكمان في معظمها صحيحة، ولكنها لا تبحث الا في حالة الاجسام المجرّدة من المرونة

وقد درس ديكارت وبيكمان معا سقوط الاجسام وتوصلا بالتالي، قبل غاليليه، الى قانون صحيح. والغريب في الامر ان ديكارت نسي هذه النتيجة، مما حمله فيما بعد على التيهان في ذات المسألة.

وعلى العموم تظاهر ديكارت بانه نسي دروس بيكمان وعزم على تقديم نظامه الخاص كثمرة افكاره الشخصية.

لقد عاش ديكارت بشكل مستقل عملياً تجربته الفكرية العجيبة، وذهب الى حد احتقار حقائق لدى معاصريه كان من الاجدر اكتسابها.

الميكانيك الديكارتي - في سنة 1634 اطلع ديكارت على اهم نظامين للعالم عند غاليليه من خلال كتاب ديالوغو. والتهم الكتاب بخلال ثلاثين ساعة، ولم يتورع عن انتقاده، خاصة فيما يتعلق بتفسير المد والجزر. ولكنه اعترف بان غاليليه فيلسوف جيد بالنسبة الى الحركة، وخاصة بمقدار ابتعاده عن الاراء المكتسبة. ان الفوضى الظاهرة في ديالوغو، لا يمكن الا ان تصدم بشكلها الفكر المنهجي عند ديكارت.

وفي مجال السكون (ستاتيك)، وضع ديكارت كل وزنه المعنوي لكي يُحلَّ - كما فعل ستيفن Stevin من قبل - ما يسمى اليوم وجهة نظر الاعمال المحتملة محل وجهة نظر السرعات المحتملة.

وهذه الاخيرة كانت وجهة نظر التراث المدرسي : كتب ديكارت في 5 تشرين الاول 1637 الى قسطنطين هويجن Constantin Huygens يقول :

« ان اختراع كل الالات [التي بواسطتها يمكننا، لقاء قوة صغيرة، رفع حمل ثقيل جداً] لا يقوم الا على مبدأ واحد هو ان نفس القوة التي تستطيع رفع ثقل ما ، مثلاً، مئة ليبرة لارتفاع قدمين ، تستطيع ايضاً رفع جسم من مئتي ليبرة لارتفاع قدم واحد، او جسم من 400 الى ارتفاع نصف قدم ، وكذلك الاوزان الاخرى التي تنطبق عليها القاعدة .

وهذا المبدأ لا يمكن الا ان يقبل، اذا اعتبرنا ان المفعول يجب ان يتناسب مع الفعل اللازم لاجرائه ». ويوضح : « ان هذه القوة لها دائماً بعدان » اي انه حصيلة وزن مع ارتفاع » .

وكان ديكارت هو الاول الذي لاحظ الصفة التفارقية لهذا المبدأ الاساسي في الستاتيك (السكون) . وكتب بهذا الشأن، فيما خص الجاذبية الارضية :

« تقاس الجاذبية المتعلقة بكل جسم « ببدء » الحركة التي تقوم بها القوة الدافعة سواء لرفعها ام للحاق بها ان هي انخفضت . لاحظ اني قلت «بدء بالنزول » وليس فقط النزول، اذ ان البدء في النزول هو الذي يجب الانتباه له . » .

وبحسب رأي ديكارت ان « القوة السكونية » تعبر عن نفسها بحاصل ضرب الوزن بالارتفاع ، في حين ان « اللحْظة » Momento بالمعنى الذي قصده غاليليه يساوي حاصل ضرب الوزن بالسرعه. ويرى ديكارت ان غاليلي قد نجح في تفسير « ما يجب » Quod ita fit فيما خص الميزان والعتلة دون ان يفسر Le eur ita fit (كتاب الى مرسين في 15 تشرين الثاني 1638) .

وبعد ان قرأ ديكارت كتاب غاليلي « ديسكورسي» حال صدوره ، انتقده بقسوة في رسالة سلمها الى مرسين تحت طابع السرية (11 تشرين الاول 1638). يفهم من هذا ان ديكارت، في ذلك الحين كان مندفعاً تماماً وكان يحاكم كل شيء على اساس مبادئه هو . إذ لم تعد تهمه حقائق العلم الوضعي الا بمقدار اندماجها في الصورة الميكانيكية التي كونها لنفسه عن العالم .

وبناء عليه فقد رفض ديكارت كل النظريات التي تقوم عليها النظرية الغاليلية حول سقوط الاجسام : « كل ما قاله [غاليليه] عن سرعة الاجسام النازلة في الفراغ الخ مبني على غير اساس؛ اذ كان يجب عليه اولاً ان يحدد ماهية الجاذبية؛ ولو انه عرف حقيقتها، لكان عرف انها تكون عدماً في الفراغ » (حرفياً)[1] .

الا ان ديكارت يعترف، مع ذلك، لغاليلي بانه يمتاز « بانه يعرف كيف يتفلسف اكثر من العوام »

1 ـ من المعلوم بهذا الشأن ان الفراغ غير موجود في نظر ديكارت وان الجاذبية الارضية ناتجة عن تأثير المادة المرهفة الخفيفة التي تملأ كل الفضاء ، على الاجسام .

وانه « يتفحص المواد الفيزيائية باسباب رياضية ». وهذه هي الوسيلة الوحيدة من اجل الوصول الى الحقيقة، ومن اجل « الابتعاد، ما امكن عن اخطاء المدرسة » .

وقد كان ديكارت محقاً تماماً حين اخذ على غاليليه انه قدم لرجال المدفعية جداول رماية استبعد منها كل مقاومة للهواء ، حين رسم بارابول القذائف .

من جهته لم يغفل ديكارت اية معلومات تجريبية ، وبخاصة في موضوع صدم الاجسام . وكانت المسألة بالتأكيد اساسية بالنسبة الى فيزيائه التي لم تكن تعترف الا بفعل الملامسة ، . ولكنه لعجزه عن استبعاد العقبات ، اعلن فيما بعد بهذا الشأن ، في « مبادئه » عن قواعد مسبقة [دون اثبات] سعى هويجن فيما بعد الى اصلاحها وتقويمها .

وعالج ديكارت في « الديوبتريك » (1637) المسألة الصعبة، مسألة تركيب الحركات، ولكنه لم يعالجها علناً ؛ فترك ـ لماركوس مارمي دي كرونلاندا Marcus Marci de Kronland (دي بروبورسيوني موتيس De Proportione Motus، براغ 1639) والى جيل برسون دي روبرفال Gilles Personne de Roberval (محاضرات الكلية الملكية 1639) ـ الفضل في نشر تحليلات جديدة حول هذه المسألة المفتاح التي عالجها غاليليه بشكل مبهم .

وتكشف رسائل ديكارت وحدها (محادثة مع هوبز Hobbes سنة 1641 بواسطة مرسين) كم فكر هو بنفسه في البنية المنطقية للتركيب لكي يستنتج منها تمييز العناصر المكونة للحركة : عنصر كمي مرتبط بمقدار السرعة، عنصر جيومتري (الاتجاه والتوجه).

والمراسلات ايضاً هي التي تكشف شجب ديكارت لهذا النوع من الجاذبية الكونية التي قدمها روبرفال سنة 1644 في كتابه آريستارك Aristarque وهو يشرح الفرضيات الكلاسيكية الثلاث في علم الفلك .

« من اجل فهم [مثل هذه الجاذبية] لا يكفي فقط الافتراض بان كل جزء من الكون حي يتحرك بفعل انفس عدة ومتنوعة لا يصد بعضها بعضاً : بل ان هذه النفوس ذكية وكلها إلهية حتى تستطيع معرفة ما يحدث في اماكن بعيدة عنها، بدون اي رسول يعلمها ،وحتى تمارس فيها سلطانها » (رسالة الى مرسين في 20 نيسان 1646) .

ولكن هذه الرسالة، التي عرفت فيما بعد نشرها على يد كليرسليه Clerselier، كان لها وزنها في معارضة الديكارتيين لنظام نيوتن .

لا نستطيع هنا ان نرسم كل تفصيلات المناظرة التي حصلت بين ديكارت وروبرفال بشأن البحث عن مركز الاضطراب اي تحديد طول الرقاص البسيط المتواقت مع رقاص مؤلف ومعين، وهي مسألة صعبة جداً ، بالنسبة للوسائل المتوفرة آنذاك ، وقد عجز كل من ديكارت وروبرفال عن إيجاد حل كامل لها ؛ كما عاد اليها هويجن بواسطة منهج جديد مختلف تماماً . وقد أعطى التراث ، في أغلب

الأحيان ، الحق لروبرفال في هذه المناظـرة . نشير مـع ذلك أن ديكـارت لم يكن وحده ليتحمـل كل الاخطاء ، لأنه كان أفضل تصوراً من محاوره لضرورة الاهتمام بالثقل النـوعي من أجل العثـور على مركز التحرك .

نظام الكون عند ديكارت ـ ان جوهر رسالة ديكارت التي قدمها لعصره، لا يكمن في حـل المسائل، التي كانت تشغل العلماء يومئذ، والتي اهمل هو (اي ديكارت) اصدار نشـرة بشأنها كـاملة ودقيقة ومنهجية ، مستقلة عن المشاحنات بالرسائل، بل يكمن في وضعه نظاماً كاملاً ـ هدف به احلاله تماماً محل عقيدة « المدرسة » ـ نظاماً إلغى منه كل الصفات والاشكال الجوهرية ، لصالح اوالية كونية ، تفسر كـل الظاهـرات في هذا العـالم المرئي بـواسطة ثـلاثة مفـاهيم فقط هي : الاتساع ، والصـورة والحركة .

وفي هذا التخفيض لعدد المفاهيم وجد نظام ديكارت، بآنٍ واحدٍ، اصالته العميقة، وتبريـره، وفائدته الحقة. واذا كان هذا الدرس العالي قد اسس مدرسة او منهجاً، فذاك لانه ـ وهو يأتي ليقـدم امكانية تفسير ميكانيكي لكل الظاهرات في العالم المحسوس ـ يشكل دعامة قوية للبحث العلمي .

وقد وجد نظام ديكارت تعبيره الاول الاكثر بداهة وعفوية والاكثر بساطة ، والاكثر كوبرنيكيـة ايضاً في كتاب « الكون » الذي كان شبه كـامل في تمـوز سنة 1633. ولكن الحكم عـلى غاليليه حمل ديكارت على تأجيل نشر الكتاب. ولم ير كتاب الكون النور فعلاً الا سنة 1664. في هذه الاثناء كان ديكارت قد نشر « المبادىء الفلسفية » 1644. في هذا العمل ذي الطابع العلمي الابرز وذي الطابـع التعليمي عرف علماء اوروبا كلها الاوالية الديكارتية .

ان الاتساع، بمفهوم ديكارت. هو جوهر (او هيولي او مادة او جسم) وبالعكس ان الجوهر يعود ويرتد ليصبح اتساعاً . هذا المفهوم مجرد من كل صفة حسية ، ومن كل صفة خاصة ولا يتضمن اي شيء لا يمكن ان يكون كونيـاً . هذه الكـونية في نـظر ديكارت هي مفتـاح الفهم الاكيد لـلاتساع او الامتداد. وهذا الامتداد يملأ كل الفضاء بشكل مستمر: لا يوجد فراغ ، ولا يوجد كذلك ذرات . ان العالم الديكارتي واحد موحد؛ انه غير محـدود، اي لا يمكن ان ترسم لـه حدود وابعـاد. بالنسبـة الى ديكارت تعتبر الحركة نسبية بصورة اسـاسية، ولا يمكن ان تحـدد الا بالنسبـة الى جوار او اطـار يعتبر ساكناً . والسكون هو من ذات طبيعة الحركة : اذ يوجد بينهما تماثل حق. في الطبيعة يسود قانون عام يعبر بصورة شاملة عن التوازن بين السكون والحركة .

« لقد خلق الله بكل قدرته المادة وفيها الحـركة والسكـون واحتفظ الان ، في الكون، بـواسطة قدرته وسـاعدته ، بمقدار من الحركة والسكون ، كما وضعهما يوم خلق هذا الكون » .

ولكن موضوع الحفظ الذي يعزى الى صفات الله الميتافيزيكي ، يجب ان لا يؤول على عجل.

ان القانون الاول للحركة هو نوع من مبدأ الجمود: ان اي جسم لا يغير حالتـه السكونيـة او الحركية الا اذا التقى جسماً آخر. وكل جسم اخذ في الحركة يستمر فيها دون ان يتوقف من تلقاء ذاته

والقانون الثاني يوضح ان كل جزء من المادة يهتف الى ان يتحرك بخط مستقيم ما لم يلاق أجساماً اخرى. والقانون الثالث يقصد الى توضيح انماط الاتصال الحركية بين جسمين التقيا. ويقترن هذا القانون سبع قواعد متناول اصطدام الاجسام. وهذه القواعد كلها غلط ، ما عدا القاعدة الاولى التي تتعلق بالصدمة المتبادلة لجسمين متساويين تحركهما سرعات متساوية . ولكن هذه القواعد تتيح اعطاء مضمون وصياغة رياضية للقانون العام قانون الحفظ في الكون .

ومسألة الصدم لن تجدد، في القسم الثاني من القرن، الا بفضل تمثل مفهوم جديد هو مفهوم المرونة ، ثم باعتبار كميات الحركة وكأنها غير منفصلة عن منحى الحركة. وفكرة قانون الحفظ لن تتأثر بهذا القانون بل مضمونه فقط هو الذي يتأثر.

نشير اخيراً انه بالنسبة الى ديكارت ، يكمن تماسك جزئيات الجسم الصلب في ان هذه الجزيئات هي فيها بينها بحالة سكون نسبي. وهذه المفارقة تبرز النتيجة القصوى، لبناء اريد له بصورة اساسية ان يكون منطقياً

وقد استطاع ديكارت، بفضل هذه المفاهيم وهذه القوانين ان يتنطح لتفسير « التكوين العجيب لهذا الكون المدهش ». ورغبة منه في تفادي الاصطدام برجال اللاهوت كتب يقول : « اني حريص اكثر من كوبرنيك على ان لا إسند اي حركة الى الارض. وسأحاول ان تكون حججي حول هذا الموضوع اكثر اصحّة من حجج تيكو Tycho » .

ان اجزاء الشمس تضطرب كما تضطرب اجزاء كل نار، ولكن الشمس لا تنتقل، رغم ذلك من مكان الى اخر في السماء .

ومادة السماء سائلة وكذلك المادة التي تؤلف الشمس والنجوم الثابتة. وترتكز الارض في القسم من السماء الذي يجاورها والذي يشكل إعصاراً، مع بقائها محمولة بفعل تيار هذا الاعصار :

« وبعد ان تم نزع كل الاحراجات التي تمس حركة الأرض ، نفكر بأن مادة السماء حيث الكواكب تدور باستمرار ، دائرياً ، كما الاعصار الذي توجد الشمس في وسطه . . . وان كل الكواكب (والأرض من عدادها) تبقى دائماً معلقة في نفس الأجزاء من هذه المادة السماوية . إذ بهذا فقط ، وبدون استعمال أية آلات أخرى ، يمكن أن نفهم بسهولة كل الأشياء التي نلاحظها فيها » .

في البداية قسم الله كل المادة الذي كون منها هذا الكون المرئي الى اقسام متساوية تماماً وهذه الاجزاء الاساسية لا يمكن ان تكون مدورة ، اذ لا يمكن ان يكون فيها فراغات ، والكرات او الدوائر المتلامسة تبقى فيها بينها زوايا فارغة . هذه الزوايا يعتبرها ديكارت مملوءة ببقايا او نفايات اجزاء المادة، وذلك بمقدار تدوير هذه الاجزاء .

ويتألف العالم المرئي من ثلاثة عناصر رئيسية هي هذه الفضلات او البقايا ، وهي منقسمة جداً

تحركها حركات سريعة ؛ ثم بقايا المادة التي اجزاؤهاصغيرة جداً ومدورة. واخيراً الاجسام، التي، بسبب ضخامتها وصورتها ، لا يمكن ان تتحرك بمثل هذه السرعة .

والشمس والنجوم الثابتة تتألف من العنصر الاول، اما السماء فمن العنصر الثاني واما الارض والكواكب والشهب فتتألف من العنصر الثالث.

وتدور الاعاصير وهي تلامس بعضها بعضاً خارج اقطابها ، وبحيث لا تضايق بعضها بعضاً في دورانها . ومادة العنصر الاول تخرج باستمرار من الاعصار، من خلال النقاط الاكثر بعداً عن محاور كل اعصار وتدخل ايضاً وباستمرار من خلال هذه الاقطاب. اما مادة العنصر الثالث فتتكون من أجزاء الفضلات التي هي أقل اضطراباً. ويصورها ديكارت وكأنها أعمدة صغيرة ضمن ثلاث قنوات وهي مدورة مثل صدفة البزاقة، بحيث تستطيع الرقص دائرياً ضمن مثلثات محدودية متروكة فيها بينها بفضل ثلاث كرات من العنصر الثاني تتلامس. هذه الاجزاء الاسطوانية تسبح فوق سطح الكوكب الذي تنتمي اليه وتتراكم بشكل بقع ، كما الزبد فوق سائل يغلي. وقد يحدث ان يتلاشى اعصار بكامله بفعل الاعصارات المجاورة ، وان تتغير النجمة الكائنة في وسطه، وتتحول الى نيزك او الى كوكب. وهذا الخطر لا يحدث بالنسبة الى اعصار خال من البقع، يحميه انتشار مادته. وبواسطة هذا النموذج اراد ديكارت ان يفسر حركة الكواكب والمذنبات، وان يفسر ذنب الشهب وان يحلل الانواء . وتتوسع « المبادىء الفلسفية » في مجال الفيزياء والبيولوجيا، لتتجاوز هذا النظام الكوني. ونكتفي بذكر ما هو اساسي فيها يتعلق بالجاذبية الارضية .

والفضاء حول الارض ليس فراغاً ، والا لتطايرت الاجسام التي فوق سطحها في السماء من جراء دوران الارض (لم يتردد ديكارت في العودة الى ذريعة قديمة قالت بها « المدرسة ») .

ويجب ان تعتبر الارض ، بحكم انها ليس لها بذاتها القوة لتدور حول نفسها، وكانها مجرورة بمادة السماء ، حيث هي في حالة سكون نسبي. ولكن مادة السماء فيها فيض من الحركة يحملها على البعد عن المركز ، مما يجعلها خفيفة بالنسبة الى الارض .

ومادة السماء لا يمكنها ان تقذف نحو الاسفل جسماً على مقربة من الارض ، الا اذا حلت محل هذا الجسم ، اذا كان A جسماً تحتوي مسامه من مادة السماء اقل من الهواء الذي يحاذيه ، فمن المؤكد ، في نظر ديكارت ، ان هذا الفائض من مادة السماء يستطيع ان يقرب A من مركز الارض وبالتالي: « اعطاءه هذه الصفة التي تسمى الجاذبية ».

من غير المجدي الاشارة الى مدى امتلاء نموذج التفسير الديكارتي بالاوهام. ان العناصر التي هي. فوق متناول حواسنا ـ وتسمى اليوم ، الخفايا ، او اللامرصودة ـ تعطي عنده اشكالاً ولا اغرب ولا اعجب. هذا النموذج قدمه ديكارت ، وكأنه بمثابة التبيين الرياضي، ولكنه لا يشكل ، في اغلب الاحيان الا صورة ملونة وصفية ، مشبهة في هذا فيزياء المدرسة التي اراد ديكارت ان يستبدلها . اما ما تضمنه هذا النظام من تكميم مثل القاعدة حول صدم الاجسام ، فقد كان ايضاً غير صحيح امام

التجربة . ولكن هذا النموذج كان مدهشاً ببساطة مقدماته ، وان لم يكن مقبولاً في اساليبه . وما قدم منه للعامّة جاء ليسد لدى الجمهور من المفكرين ، الحاجة الى نهج للفهم عقلاني في نظرته الى الظاهرات الفيزيائية .

III ـ باسكال واستاتية السوائل

نقل الهواء والخوف من الفراغ ـ الى باسكال والى اعماله المشهورة يعود الفضل في ربط ثقل الهواء برمز مدهش حطم خرافة الخوف من الفراغ . الا ان هذه الجاذبية قد اكدها العديد من السابقين مثل نيقولا دي كوي Nicolas de Cues، بمعزل عن مسألة الفراغ .

ويبدو ان كاردان Cardan هو اول من استنطق التجربة بهذا الشأن، في اطار النظريات ـ الضعيفة حتماً ـ حول مقاومة السوائل : فقد اعتبر ان الهواء اخف من الماء بخمسين مرة .

والى طبيب بيروغوردي Perigourdin، هو جان راي Jean Rey، يعود الفضل، بعد 1630، في طرق المسألة عن طريق الكيمياء ، فعزا للهواء الزيادة الملحوظة في تكليس القصدير.

ومع اسحاق بكمان Isaac Beeckman ظهرت، بدون ربط واضح ، مهمة ثقل الهواء ومعه وجود الفراغ. واسند بالياني Baliani الى غاليليه نفس الرأي .

كان «غاليليه» يؤمن ان كره الفراغ يمكن ان يكون محدوداً ، وتجاربه حول الثقل النوعي للهواء، اعطته ثقلاً نوعياً للهواء اخف بمرتين. اما الاب «مرسين» فقد وجد بعد ان طبق، بدون حصر، على سقوط الاجسام في الهواء وفي الماء قوانين الديناميك المدرسي، ثقلاً نوعياً للهواء اقل من ثقل الماء بألف وتسعماية مرة .

وخلال خريف الف وستماية وست واربعين (1646) كرر الاب (بتي) في روان امام باسكال الاب وباسكال الابن تجربة توريشلي Torricelli. وقد ترك عن التجربة رواية جيدة جداً تعتبر نموذجاً للتقارير عن التجارب اذ لم يترك في الظل اية تفصيلات تتعلق بالتنفيذ.

وقد اعاد بليز باسكال Blaise Pascal علناً هذه التجربة بعد ادخال تغيرات متعددة عليها، وارسل ضد معارضيه تحديات حقة .

وفي سنة 1647، لم يجرؤ باسكال، في « تجاربه الجديدة حول الفراغ »، لم يجرؤ على الاعلان عن سفه القول بـ« الخوف من الفراغ » واكتفى محتذياً « خطى غاليليه»، بالتأكيد على ان قوة هذا « الخوف » محدودة. وهي تعادل القوة التي لكمية من الماء ذات ارتفاع يعادل تقريباً واحداً وثلاثين قدماً . ولكنه منذ هذه اللحظة ادرك ما كان قد خفي على «غاليليه». اي ان التجربة قد أُجريت دائماً فوق اوعية ذات اتصال حر بالفضاء . وقد خطرت له الفكرة بأن ضغط الهواء الجوي، نتيجة ثقله، هو الذي يرفع وحده الزئبق في انبوب «توريشيلي». ولكنه اشار بنفسه الى الاعتراض الممكن، (حيث التلميح الى « ديكارت » بدا واضحاً) اي ان ثقل الهواء لا يتعارض مع وجود مادة لا تُرى ولا تُسمع

ولا تعرف بالحواس، وهي تملأ الفضاء ' الفارغ ظاهرياً والذي يتكون فوق انبوب التجربة .

التجربة الكبرى ـ في هذا الاطار يجب ان نضع انفسنا لنفهم تجربة بوي دي دوم Dôme والتي نشر باسكال مستنداتها في تشرين الأول 1648. وأول هذه المستندات رسالة من باسكال الى صهره « فلورين بيريه» Florin Périer مستشار في محكمة المساعدات في مدينة كليرمون، يطلب اليه فيها اجراء تجربة حاسمة مستفيداً من جواره لجبل أوفرنيه Auvergne العالي. وكان القصد اجراء التجربة العادية حول الفراغ ، اي تجربة توريشلي. عدة مرات في نفس اليوم، وفي نفس الانبوب، وبذات لحمية الزئبق، مرة في اسفل الجبل ومرة في اعلاه، على علو خمس او ستمئة «قامة ». ويضيف باسكال: « اذ من المؤكد انه يوجد هواء اكثر ، يزن اكثر عند اسفل الجبل، في المكان الذي لا يمكن فيه القول بأن الطبيعة تخاف من الفراغ عند اسفل الجبل اكثر مما في أعلاه». وهذه الجملة تبرز اصالة باسكال. فاصالته لا تكمن في التجربة بالذات بل بالايمان بنجاحها وتفسيرها. اننا نعلم بصورة افضل اليوم ان باسكال لم يكن الوحيد الذي يعتقد في ذلك الحين انه من المفيد التثبت ما اذا كان الزئبق يرتفع بنفس المقدار في اعلى الجبل كما في اسفله. والتعبير هو لديكارت، وبالضبط ايماء الى باسكال، في رسالة ارسلها الى مرسين في 13 ك1 1647 حيث دوّن الخصم الكبير للفراغ الملاحظات التي ابداها من جهته في ما يتعلق بالتغيرات ، البالغة بوصة واحدة في ارتفاع الزئبق، في ذات المكان وبحسب الظروف الجوية. ولكن رسالة مرسين تدل على ان حالة ديكارت لم تكن معزولة او فريدة. فالجميع كانوا يؤمنون في تلك الحقبة من التاريخ بثقل الهواء وبتأثيره على ارتفاع الزئبق. كما ان مسألة معرفة ما اذا كان بالامكان اثباتها بواسطة التغيير في ارتفاع مكان التجربة كان هو الشاغل في ذلك الوقت. وكان ديكارت محبذاً لها اما مرسين فقد كان موزعاً بشأن فكرة الفراغ ، في حين ان روبرفال كان مؤيداً بشكل حاسم، وكان هذان الاخيران يشكان في نجاحها وبالتالي بفائدتها. ذلك ان كل شيء كان يتعلق بمقدار الاهمية التي يعزوها الفرقاء الى ثقل الهواء والى سماكته حول الارض. اذ بحسب ما كان مقبولاً بهذا الشأن كانت هناك شكوك حول كفاية ارتفاع جبل لاحداث تغيير في ارتفاع الزئبق ارتفاعاً بارزاً يميزه عن التغيرات الاخرى الملحوظة .

ومن الملفت ان نقرأ في تقرير « فلورين بيريه» Florin Perier حول « التجربة الكبرى » التي اجريت تحت اشرافه في 19 ايلول 1648، ان ذلك اليوم « كان يوماً غير مستقر ». ومع ذلك فان ارتفاعات الزئبق التي قيست عدة مرات في اسفل وفي اعلى جبل دوم، وكذلك في محطة وسط بين الاثنين، كانت دائماً هي هي تماماً . واذا كانت الملاحظات التي اخذت في القمة. وفي الموقع الوسط قد اخذت خلال مدة قصيرة، فان المراقب الذي ترك عند اسفل الجبل كان امامه النهار كله لكي يلاحظ ان ارتفاع الزئبق لم يتغير ابداً عن مكانه في مركزه هو، (هذا على الرغم من تقلب الطقس الذي بدا مرة صافياً ومرة ممطراً . ومرة مملوءاً بالضباب ومرة عاصفاً). من يصدقه ؟ حتى ولو اخذنا في الاعتبار ان قياسات بيريه، اعطيت بدقة ربع خط اي ما يزيد قليلاً عن نصف ملمتر. وفي هذا دقة كافية تجعل التأكيد على ثبوتية ارتفاع الزئبق في اسفل الجبل طيلة نهار كامل، ضمن ظروف جوية متغيرة امراً

مشبوهاً تماماً . وتقرير بيريه الذي صرح باسكال عنه :بأنّه قد اوضح كل مصاعبه ، يستبعد تمـاماً ، عن طريق النفي، ولاسباب تعليمية ما نستطيع نحن ان نسميه ظاهرات ثانوية .

والواقع ـ رغم عدم رغبة باسكال بالاعتراف بالامر ـ ان سبب نجاح « التجربة الكبرى » هو ان مقدار الفرق بين ارتفاعات الزئبق بين اسفل وبين ذروة جبل دوم (اكثر من ثلاث بوصات) يتجاوز الى حد بعيد التغييرات الحاصلة ، حتى ذلك الحين بسبب من الاحوال الجوية ، مما يستدعي اعطاء فارق الارتفاع الاهمية الرئيسية . واصلاح تقدير ثقل الهواء النوعي، المتغير مع الارتفـاع . سنداً للمعـدل المكتشف في « جبل دوم » استطاع الاب دي لامارMarre ان يتثبت من فرق مقداره اربع مليمترات ونصف بين اسفل واعلى ابراج نوتردام دي كليرمون، كما عثر باسكال نفسه على نتيجة من ذات النوع في برج سان جاك في باريس ، دون أن يخشى هذه المرة الظاهرات الثانوية ، في ملاحظات متقاربة جدّاً زماناً ومكاناً . . .

ويبرز للعيان هنا، كم بدت هذه « التجربة الكبرى » التي قال عنها باسكال « ان رغبة شاملة جعلتها شهيرة قبل ان تظهـر » ، فعالة. اذ اتاحت التنبؤ بنجاح تجارب اخرى اكثر ضمـاناً من حيث ثبات العنصر الرئيسي الداعم للارتفاع البارومتري. ولكن نرى ايضاً التحفظات التي يجب ابداؤها فيما يتعلق بحسميتها. ان التجربة الحاسمة هي التي تكلم عنها باسكال عرضاً في مطلع رسالته الى بيريه. انها تجربة الفراغ في الفراغ والتي تقوم، بمساعدة آلة خاصة ، على وضع انبـوب تورشلي داخل فـراغ بارومتري، ثم الملاحظة بان الزئبق يسقط تماماً ،غير مضغوط وغير مواجه بأي هواء. ويعود الفضـل الاول فيها بدون نزاع الى رويرفال، واذا لم يمكن الشك بقيام باسكال باجرائها، كما يقـول، لحسابـه الخاص، فبالامكان الشك بتاريخ 15 تشرين الثاني 1647 المدون في رسالته الى بيريه في نشرة تشـرين الاول 1648. والدرس الايجابي المتحصل من نقد النصوص هو انـه بخلال شتـاء 1647– 1648 عثر باسكال على سند يؤكد: ان الـطبيعة لا تخشى الفـراغ. . . ، وان كل المفـاعيل التي اسنـدت الى هذا الخوف تأتي عن الفراغ وعن ضغط الهواء ، انما لم يستطع اجراء التجربة الحاسمة بشأنها فقد اضطر ان يضع في مكان اخر تقديمه الاصيل.

وفضله يبقى في انه، خلال المجادلات المعقدة بين خصوم الفراغ وانصاره، استطاع ان يأمر وان يحصل على تحقيق تجربة مشهودة . حتى ولو أنه أهمل ذكرها بالتفصيل الدقيق عن عمد ، مضحياً بها من أجل دوغمائية جديدة .

البارومتر والآلة الهوائية الماصة ، قابلية الهواء للضغط ـورد الشيء الذي لم يرد في وصف التجربة الكبرى بغزارة في كتبه التي صدرت بعد وفاته حول توازن السوائل والثقل النـوعي لكتلة الهواء ، وهمـا كتابان نشرا سنة 1663 . وظهر فيهما باسكال كفيزيائي ممتاز بفضل تنوع معداته التجـريبية وبفضـل دقة تحليلاته ، وحسن استخدام المقاييس متمكّناً من التقريب ، متحكّماً بهيكلية الألفـاظ . ولا يدهشنـا أن وجدنا في خاتمة هذين الكتابين فصولاً تعود كتابتها إلى سنة 1651 وفيها يذكـر باسكـال هذه الـظاهرات الثانوية ، التي استبعدت من كتابه « قصة التجربة الكبرى » . وقد وصفها وصفاً جيداً حتى أنـه وصف معدات أربع قادرة على تحصيل واكتشاف تغيير الظروف الجوية ، وبصورة خاصة أنبوب يتضاءل عطاؤه

كلما تضاءل الضغط الجوي .

ولكن تطبيق انبوب توريشلي ذي الشكل الشاروقي (siphoide) للتنبوء بالمطر والطقس الجيد ليس من ابتكار باسكال. بل هو من صنع اوتو دي غريك Otto de Guericke ذي الاداة الشهيرة (عوام مرتبط بخيط مع تمثال صغير يتيح ، بواسطة تحركات ذراع ، تجسيد تغيرات الضغط الجوي) الموصوفة في كتاب اكسبريمانتا نوفا ماغديبورجيكا Experimenta nova Magdeburgica (1672) المنتهي سنة 1663 .

وكلمة بارومتر، هي تسمية متأخرة فرضت فقط بعد « بحث حول طبيعة الهواء » ونشر من قبل ماريوت Mariotte سنة 1676 .

كان اوتودي غريك تجريبياً رائعاً ، وقد اثبت مستقلاً عن توريشلي ثقل الهواء ومطاطيته . ولكن مواهبه العملية وجهته اتجاهاً آخر مختلفاً عن اتجاه باسكال . وقد حرص منذ 1632 على البحث عن آلة يمكنها ان تسحب الماء من اناء مملوء تماماً حتى يحدث فيه الفراغ . وادى به فشل محاولاته الى اجراء التجربة في اناء مملوء بالهواء فقط ، وهكذا توصل الى الآلة الماصة والى التجربة الشهيرة المسماة تجربة نصفي كرة مغديبورغ Magdebourg، التي قدمت الى مجلس الديت Diète في راتيسبون سنة 1654 .

واعترف روبير بويل Robert Boyle (1627 — 1691) الذي ادخل بعض التحسينات على اوالية المضخة بادال العامود الذي يتحكم بالمكبس بمعلاقة يحركها بالاتجاهين دولاب مسنن، وحقق بشكل مُرْضٍ تجارب غريك Guericke (وبخاصة تجربة الجُرَيْس المخبأ داخل الوعاء الفارغ والذي لم يعد يسمع صوته) بفضل شكل الجرس (القبة) الواسع الذي اعطي لشكل الوعاء ، اقول اعترف روبير بويل علناً بان غريك هو المخترع (نيو اكسبريمنت فيزيوكو مكانيكال، 1660). والى غريك ايضاً يعود الفضل في فكرة استعمال مانوميتر (مقياس ضغط سائل) مخصص للتثبت من ندرة الهواء والى حد ما لقياس الفراغ .

ان التحسينات المتتالية المُدْخلةَ على الآلة ، من قبل هويجن Huygens ودنيس بابان Denis Papin وغيرهم من الفيزيائيين الاقل شهرة، ـ تتناول تفصيلات تقنية عملياتية (حنفيات ذات تثقيب مزدوج او مثلث، صبابات، الخ) بقصد تخفيف الخسائر او الفراغات المضرة. ولكن يمكن القول ان هذه التحسينات لم تتناول المبدأ الاساسي. ولكن في منتصف القرن 17 ، وبفضل باسكال واوتو غريك احتل الفراغ المكانة الثابتة في العلم. ونقع في الخطأ، مع ذلك، ان اعتقدنا ـ بذات الحقبة ـ ان التجربة البارومترية وتفسيرها السليم لم تعد تثير التناقضات . تناقضات نافعة اذ بفضلها تمت تجارب بويل Boyle حول مطاطية ومضغوطية الهواء (1661). ولكن بويل لم يستكشف جدوى نتائجه الكمية وترك لتونيلي Towneley اسبقية تصور القانون وصياغته ، هذا القانون الذي يسمى خطأً، حتى الآن ايضاً ، بقانون ماريوت : التناسب المتعاكس بين الحجم والضغط في الحرارة الثابتة. وادى هذا القانون

ـ الذي تكرر التثبت منه عدة مرات ـ الى سلسلة من التحسينات ادخلت على مضخات الضغط وعلى المانومتر ، ولكنه لاقى العديد من التناقضات . ويؤكد جاك برنولي ، خاصة سنة 1683 ، انه تحت حجم معين ، وعندما تتلامس خلايا الهواء كلها ، فان اي ضغط مهما كان لا يعود ممكناً . في حين كان ماريوت ـ الذي اقرَّ باهمية القانون والذي اعاد تجربته (1679) ـ يؤمن بوجود حدٍ آخر هو (استحالة تندير الغاز تحت الجزء (4000) من التركيز العادي)، اثبت امونتون Amontons بطلان هذه الفرضية وان صحة قانون بوال ـ ماريوت Boyle – Mariotte مربوطة ببساطة بدرجة حرارة ثابتة (1702) .

الهيدرو ـ ستاتيك وطريقة باسكال ـ مهما كان مبدأ ارخيدس مدهشاً ، فلم يعدُ أن يكون قانوناً شاملاً . كان سيمون ستيفن ، الذي ورد ذكره في فصل سابق ، اول « معاصر » عرف كيف يتجاوز ارخيدس في تصوره فكرة الضغط ، الا ان باسكال هو صاحب الفضل بتوضيح موضوع الضغط . في الكتابين اللذين ذكرا أعلاه، والمنشورين سنة 1663، والمكتوبين على ما يبدو بين 1651 و1654، اعلن باسكال بوضوح انه على غشاء كتلة سائلة مستقرة تكون القوة الضاغطة في كل ناحية متناسبة مع سطح الانطباق .

وقد اعطى لمساعيه تبريراً اولياً يرتبط بستاتيك [ثبوت ، جمود] الاعمال الممكنة عند ديكارت. فدفع مكبس صغير السطح في مكان ما، نحو داخل السائل، وبعمق معين يعادل دفع مكبس اعرض بمئة مرة انما على عمق اصغر بمئة مرة، في مكان آخر. في الحالين الكتلة المزحزحة هي نفسها. ويذكر باسكال الاستمرارية والسيولية ، ولكنه لا يرى انه يركز على لا انضغاطية السائل الذي عليه يحلل، اي الماء ، وعلى دوام الحجم، في كل تغيير للشكل انطلاقاً من حالة التوازن.

لا شك ان هناك شعوراً بعدم الثقة هو الذي يدفعه الى اضافة حجة لا يمكن ان يفهمها الا الجيومتريون وحدهم، وربما مررها « الآخرون ». سنداً لمجموعة مكبسي الآلة المائية الضاغطة في حالتها التوازنية ، ونظراً الى الترابط بواسطة السائل المحبوس في الاوعية المتصلة، اثبت باسكال إن مركز الثقل في المكبسين (اللذين يتناسب وزنهما مع مساحتيهما) لا يمكن ان ينزل، واستند بدون ان يقول، على مبدأ توريشلي بالنسبة الى الانظمة الوازنة. ولكنه قصَّر، حين اكد انه من الواجب « التسليم بان وعاء مملوءا بالماء ، وله فتحات، ولهذه الفتحات قوىً تتناسب معها، عندها تكون هذه القوى في حالة توازن. وفي نقل مبدأ الحد الادنى السائد في الانظمة الوازنة، لم يتجاوز باسكال مرحلة الطفولة الصغرى.

الا أنّ له الفضل في انه ترك للاجيال بعده عبارات رنانة : ان الوعاء المملوء بالماء هي آلة ميكانيكية من اجل تضعيف القوى. وعندما انتقل من الهيدروستاتيك، الى ثقل الهواء (الذي لم يعد احدٌ اليوم ينازع بشأنه»، اخذ يبحث في حساب كل كتلة الهواء الموجودة في العالم.

وتحدى آخر تلامذة ارسطو ـ الذين قبلوا التحدي الى حد ما ـ ان يبرروا عن طريق الخوف من

الفراغ كل المفاعيل التي يفسرها ضغط الهواء . وكان متمكناً من سر الكتابة والمناظرة . ونعرف عن طريق « الافكار » انه كان يرفض لنفسه اوالية ديكارت :

« ديكارت ـ يجب القول بصراحة : هذا يتم بالرسم والحركة . لان هذا حق . ولكن القول ما هما ، ثم تركيب الآلة ، ان هذا سخف، لان هذا غير مفيد وغير مؤكد ومتعب » .

ومع اعطائه المفاهيم الديكارتية سمة البراعة ، لقد فضل باسكال اذن اسلوباً يقوم على التصور السريع لمبادىء عامة ومنها ان التجارب (مثل صعود الماء في اجسام المضخة، وفي انبوب توريشلي) تغلب فيها العواقب اكثر مما تغلب فيها نقطة الانطلاق. ويعطي ما قلناه اعلاه عن التجربة الكبرى، من وجهة النظر هذه، فلسفة للطريقة الباسكالية عبر عنها بقوة ليون برونشفيك Léon Brunschivcg وبيير بوترو Pierre Boutroux .

وينزع العلم الحديث الى اعطاء ديكارت الحق، على الاقل لديكارت المجهول. وتنطلق النظرية الفيزيائية من التجربة لتعود اليها وهي تصوغ التنبؤات. ولكن في هذه الاثناء تبدو هذه النظرية حرة في مراقبة ما لا تمكن ملاحظته ومراقبة كل العناصر المجردة المفيدة في تحليلها، واذا بدا هذا ثقيلاً في بعض الاحيان ، الا انه لا يعتبر اقل فعالية ، ولا اكثر غموضاً من اعطاء الافضلية للمعلومات العامة .

IV ـ المدرسة الديكارتية

لقد كان ديكارت يعرف انه لم يعالج الا العموميات في الفيزياء ، ولكنه ظن انه وضح وصاغ المبادىء بشكل دائم ان لم يكن نهائياً . ولهذا دعا ، في مقدمة الطبعة الفرنسية لكتابه « المبادىء الفلسفية »، انصاره الى مهمة تجريبية :

« اعلم انه قد تمضي عدة قرون ، قبل ان تستخرج من هذه « المبادىء » كل الحقائق التي يمكن استخراجها منها. ذلك ان غالبية الحقائق الباقية للكشف، تتعلق ببعض التجارب الخاصة ، التي لا يعثر عليها بالصدفة ، بل يجب البحث عنها باعتناء وكرم من قبل اشخاص اذكياء جداً . » .

ان الفيزياء الديكارتية علمت اولاً في اوترخت ثم في ليد. وكان اول استاذ ديكارتي، رينيري Reneri ، قد عاش بحذر في الظل، ظل الفيلسوف. وبدأت المتاعب مع رجيوس Regius، الذي نشر في امستردام سنة 1646 « الفيزياء الاساسية » (فوندا مانتا فيزيا) فانكره ديكارت . ويجب الاعتراف اذا كانت متافيزياء ديكارت قد بترت جداً من قبل رجيوس فان المدرسية ظهرت من جديد في كتابه ومعها موكبها من الاشكال والتحوّلات والصفات .

ووفاء لذكرى المعلم، جهد كليرسيلي Clerselier في نشر رسائل ديكارت، فظهر منها ثلاثة مجلدات سنة 1657 و1659 و1666. واطال كليرسيلي، بمقدار ما اسعفته قواه، مع الاستعانة بشروح روهولت Rohault، النزاع الذي قام بين ديكارت، في حياته، وبين فرمات بشأن النموذج

الميكانيكي، المرتكز على تشاكلية [شبه في الشكل] دقيقة اعطاها، في كتابه « ديوبتريك » قوانين حول الانعكاس والانكسار.

روهولت ـ ولكن اكبر استاذ في العلم الديكارتي كان جاك روهولت، الذي ساد كتابه « الفيزياء » (1671) طيلة ستين سنة، وكان يدرس عادة في كمبريدج حتى زمن نيوتن.

شرح روهولت طريقة ممتازة بشرت بالقرن 18، وقد شجب بآن واحد التجريبية الخالصة وكذلك الاتكال المطلق على العقل. وقد ميز بين ثلاث فئات من التجارب: التجارب التي تقتصر على مجرد شهادة الحواس، والتجارب المفتعلة، انما التي لا تستطيع معرفة ما يمكن ان يحصل او ما يمكن ان يعرف. واخيراً التجارب التي يتوقعها التحليل العقلي. واذا كانت هذه الاخيرة هي الاكثر نبلاً والاكثر فائدة بالنسبة الى الفيزيائي، فلا يعني ذلك وجوب احتقار الشكلين الاولين للتجريب.

وبقي روهولت ديكارتياً فيما خص تعريف ودراسة انعدام الفراغ. لقد برر مبدأ الجمود ببراهين استمدها من غاليليه ومن ديكارت. وقواعده حول الصدمة تبدو ابسط واصح من قواعد ديكارت، ولكنها لا تترجم بأمانة إلا حالة الصدمة غير المطاطية. أما الهيدروستاتيك عنده فيلتزم بهيدروستاتيك باسكال في كل ما خص تجارب الفراغ. ولكن تأويله يبقى ضمن الروحية الديكارتية: هناك مادة حقة فوق الزئبق في انبوب البارومتر.

ويشير روهولت الى الملاحظات عبر الميكروسكوب، وبصورة خاصة الى التفصيلات التي تكشفها لنا هذه الملاحظات حول تشريح ليمونة، لكي يبرر اللاملحوظات في الاوالية الديكارتية. وهكذا يرفض « ان يقع في ضعف اولئك الذين يجدون تافهاً كل ما يعرض عليهم من الاشياء التي ليس لها علاقة بافكارهم الخام، عندما يكلمون عن مادة مرهفة يفتح تحركها وصغرها المجال امامها ويعطيها اينما كان مكانة ومقاماً ».

ان علم نشأة الكون (كوسموغوني) عند روهولت ينطلق من ثلاثة عناصر ديكارتية ولكن نموذجها مبسط.

درس روهولت بالتفصيل كل ظاهرات التوتر السطحي: العدسات المقعرة، صعود السوائل في الانابيب الشعرية. قال ليبنيز بهذا الصدد: « لا اعرف الا الانابيب الصغيرة انابيب روهولت التي تستحق اسم الاكتشاف الديكارتي ». ومدح فلورين بيريه Florin Périer وروهولت Rohault بما يشبه ذلك في مقدمته لكتب باسكال التي نشرت بعد وفاته.

وقد خدمت فيزياء روهولت، الانيقة والواضحة في كتابتها، والسهلة التناول امام جمهور كبير من الناس، اقول خدمت القضية الديكارتية، اكثر مما هو مطلوب، بحيث أنها شكلت عائقاً جدياً ضد قبول ميكانيكيات جديدة اكثر تجريداً واعمق علماً.

تجب الاشارة، الى جانب روهولت، الى ريجيس Régis الذي فاق نشاطه الفلسفي نشاطه

العلمي باشواط . كان ريجيس عالماً موسوعياً، وميسراً ممتازاً للعلم. فقد عرف ان يلحق بالديكارتية الموسعة الوقائع الاخيرة المعروفة بفضل التجربة. وقد ساعد بما له من سلطة في تدعيم مركز الديكارتيين، رغم الاضطهادات الرسمية ورغم مقاومة الجسم التعليمي .

مالبرنشMalebranche ـ يعتبر مالبرنش المفكر الكبير الوحيد الذي نهج النهج الديكارتي في عصره. واذا كان قد بقي أميناً لطريقة ديكارت ولمبادئه، فانه اعطى لنفسه الحق بان لا يعتبر ديكارت معصوماً . فيقول : هناك حالات اخطأ فيها هذا الرجل العظيم . وينبهنا هو فيقول: « عند قراءة كتب ديكارت.. يجب ان لا نصدق شيئاً مما يقول الا اذا اجبرتنا الحقيقة على ذلك ». واذاً فرفض اي شيء بدون فحص يعني سلوك منهج ديكارت.

لقد خالف مالبرنش ـ وبالنسبة الى نسبية الحركة، لا يعتبر قوله تقدماً ـ وعن عمد تناظرية ديكارت ، اي التناظرية التي وضعها بين السكون والحركة . فمالبرنش يرى ان السكون ليس الا « مجرد حرمان » لا يفترض على الاطلاق وجود ارادة ايجابية عند الله . وبالمقابل تقتضي الحركة « فعالية »، اي ارادة ليست الا للخالق.

ثم انه لا بد، من جهة اخرى، من سبب اخر غير مجرد السكون النسبي لاجزاء جسم صلب، من اجل تفسير التماسك. وقد وجد مالبرنش هذا السبب في حركة المادة اللطيفة التي تحيط وتضغط على اجزاء الجسم . وهو يفسر بنفس الشكل المرونة والسيولة. وفي كل هذا نلحظ قرباً من تجارب ليبنز في شبابه .

وفي موضوع الصدم يتفوق مالبرنش على ديكارت، ويأتي بعد هويجن Huygens ووالیس Wallis ورن Wren وماريوتMariotte، اي انه تحكم بقوانين واضحة، حلت محل قواعد ديكارت المسبقة. ولكن مالبرنش حرص على ان يفسر هذه القوانين تفسيراً فيزيائياً، وفقاً للاسلوب الديكارتي :

« يقول مالبرنش في كتابه « البحث عن الحقيقة »: يبدو لي واضحاً ، ان كل جسم بذاته طري للغاية، لان السكون لا يمتلك ابداً القدرة لكي يقاوم الحركة ، وبالتالي ان اي جزء من اي جسم اذا دفع اكثر من الاجزاء المجاورة له فانه ينفصل عن هذه الاجزاء الباقية. بحيث ان الاجسام الصلبة لا تبدو كذلك الا بفعل ضغط المادة غير المرئية التي تجاور هذه الاجسام والتي تتسرب الى مسامها. . واذاً يجب ان ينظر الى الاجسام التي تسمى صلبة كما لو كانت طرية . على الاقل الى اللحظة التي يكون فيها ضغط المادة اللطيفة كاملاً يجعل هذه الاجسام متماسكة » .

ومالبرنش بهذا يزايد على فيزياء ديكارت، إلا أنه يستفيد من فيزياء هويجن، فيستخدم الاعاصير او الدوامات بعد ان يستكملها ويضاعفها تضعيفاً لا نهائياً ، في التفصيل. ان حركة المادة الاثيرية لا تقتصر على الدوامات الكبرى التي تجر معها الكواكب حول الشمس، او التوابع حول الكواكب. وفي التفصيل الاخير تدور المادة بشكل دوامة سريعة جداً ، ولما كانت المادة تقسم الى ما لا نهاية له ، ولما كان السكون خالياً من الحركة فان الدوامات الصغرى هي التي تضطر بفعل مقاومتها المتبادلة ان تتعادل

فيما بينها، وان توازن حركاتها التي تؤمن تماسك الاجسام الصلبة فتضغط على اجزائها . وهكذا نجح مالبرنش بابراز نظام حق للعالم بفضل نموذج دوامي مزود بهيكلية رياضية لا تعرفها الدوامة او الاعصار الديكارتي.

« يقول مالبرنش : استطيع وبحق ان اصغر بملايين الملايين اقطار الدوامات الصغرى، اي بكلمة استطيع ان اعطيها صغراً لا حدود له، الامر الذي يعطيها قوة نابذة الى ما لا حد له » .

لقد قيلت الكلمة : انها القوة النابذة اي الهاربة من المركز، هي التي تجعل الدوامات الصغيرة عناصر كاملة المرونة مزودة بطاقة رهيبة ، عناصر تفسر الظاهرات الطبيعية : اثار الرعد، بارود المدافع وكذلك توليد النار ثم التفاعلات الكيميائية .

وتبدو الجاذبية في نظر مالبرنش ظاهرةهيدروستاتية لها مركز في وضع الكتل الاعاصيرية بقرب مراكز الدوامات الكبرى .

V ـ هويجن

كان هويجن ابن رجل ادب. وكان هذا الاب صديقاً ومعجباً بديكارت. وبفضل هذا الوسط المميز وضع هويجن على عتبة البحث باكراً . وقد ذكر بنفسه، في اواخر حياته، كيف ان الاطلاع المبكر على الفيزياء الديكارتية قد طبعت يفاعته .

« لقد وجد مسيو ديكارت الوسيلة لكي يجعل من ظنونه واوهامه حقائق . وقد حدث لاولئك الذين قرأوا « مبادئه الفلسفية » شيئاً شبيهاً لاولئك الذين يقرأون القصص السارة التي تحدث نفس اثر الوقائع الحقة . وجدة صور جزيئاته واعاصيره تعتبر تسلية في كتابه . وقد خيل إليّ وانا اقرأ هذا الكتاب « المبادىء » لاول مرة ان كل شيء في العالم يسير على افضل ما يرام ، وظننت، عندما كنت اعثر على بعض الصعوبات ، ان الخطأ مني ، باني لم افهم فكره. فقد كان عمري بين 15 و16 سنة . ولكني بعد ان عثرت من وقت الى آخر على اشياء ظاهرة الخطأ، وعلى اخرى غير معقولة ، فقد تراجعت عن الاهتمام الذي كنت فيه نحوه » .

قوانين الصدمة وانتقاد ديكارت ـ منذ 1652 اخذ هويجن يشك في صحة قواعد ديكارت حول الصدام بين الاجسام ، كما لم ترضه التفسيرات التي تلقاها من شوتن Schooten، الديكارتي الملتزم ، حتى انتهى به الامر الى التصريح في 29 تشرين اول 1654 : «إذا كانت كل قواعد ديكارت، باستثناء الاولى، غير صحيحه فذلك لانني لا اعرف التمييز بين الخطأ والصواب » .

ولم يعثر هويجن ايضاً على الصواب، في رأيه، في كتب ماركوس مارسي دي كرونلاند Marcus Marci de Kronland، بعد ان عثر عليه في انفرس في حزيران 1654. اذ ليس من المؤكد ان تكون القراءة التي قام بها مباشرة، في هذه الكتب، حول الصدفة التي تقع في الاجسام ، كانت بالنسبة اليه

بدون نتيجة ، ان تحليلات عالم براغ تركز على ظاهرة الصدم بالذات التي تجرح ، بخلال وقت قصير جداً ، الاجسام التي تتلامس وتحمل على التميز بين الاجسام الطرية والصلبة ، علماً بان هذه الاخيرة تنقسم الى ركيكة (زجاجية) وتامة الصلابة (صوانية) . واذاً ظلّ تجريدياً خالصاً ومبهماً الاسلوب الذي استقى منه ماركوس مارسي Marcus Marci الدفع الذي تسببه الصدمة ، عند تحليله للتشويهات والتغييرات في الشكل، فان هذا الاسلوب يمتاز بانه يعارض المعالجة الجيومترية الخالصة للمسألة ؛ وانه يدخل فكرة الجرم، والعلاقة بين الاجرام كعناصر مميزة من شأنها التمكين من وضع بناء نظري. كما ان هذا الاسلوب ينطبق ايضاً على الحالات التي يكون فيها احد الاجسام في البداية ، في حالة سكون فيعطيه قيمة مثلية قد يكون لها أثر على مبدأ النسبية التي طبقها هويجن بعد عدة سنوات . ومهما يكن من أمر فأن هويجن أسر في 2 ت2 1657 إلى شوتن Schooten بما يلي : « أمتلك قواعد اكيدة (حول صدم الاجسام)، ولم يعجبني شيء أكثر من ان أراها تنطبق على التجربة » . ولكن كان من الواجب انتظار المسابقة المفتوحة من قبل (الجمعية الملكية) في سنة 1666، للحصول على الحل الذي وضعه هويجن وهو حَلٌّ لم يرسله إلا بعد تأخير، وبعد الحلول التي قدمها واليس Wallis ثم رن Wren .

وقدم واليس Wallis قوانين صحيحة عن صدمة الاجسام الصلبة (أي المحرومة من المرونة) أما رن Wren فقدم قواعد الصدمة المرنة ، دون ان يدعمها بتبيان حقيقي. أما مذكرة هويجن الاكثر علماً فقد عالجت ايضاً الصدمة المطاطة المرنة . وذلك انطلاقاً من مبدأ الجمود، من مبدأ النسبية ، وبحسب البديهية التي تقول، ان جسمين متساويين تحركهما قوتان متساويتان ، يصطدمان مباشرة فيقفزان، كل واحد منهما بالسرعة التي يمتلكانها ، اما مبدأ النسبية التي اشار اليها هويجن، فيقوم على الافتراض بأن ظروف الصدمة كانت هي ذاتها، في مرجع معتبر ثابتاً ، وفي مرجع متحرك ، يحركه بالنسبة الى الاول انتقال مستقيم وموحد، وبفضل هذا المبدأ استطاع هويجن ان يرد كل حالات صدام الاجسام المتساوية ، الى حالة التناظر، التي هي موضوع البديهية المشار اليها اعلاه. اما المسألة العامة، مسألة صدام جسمين غير متساويين، فقد تخلف هويجن، وكذلك رن عن اعطائها التبيان اللازم الذي لم يظهر الا في كتابه الذي صدر بعد وفاته : « موتو كوربوروم ....1700 » .

وقد عاد ماريوت الى نظرية الصدم في كتابه المسمى « معالجة الردة او صدمة الاجسام » 1673

ودون ان يجدد ماريوت Mariotte بصورة اساسية في الاعمال السابقة، فان كتابه هذا يتميز باتجاه واضح التجريبية . واقلع ماريوت عن الاجسام الصلبة ، تماماً بالمعنى الذي أراده واليس Wallis ، ولم يحتفظ إلا بالاجسام المرنة الشديدة المطاطية ، والمرنة بدون مطاطية أي الطرية جداً . وقد تميز ماريوت أيضاً بأنه اشار بأن كمية المادة من جسم ما وليس وزنه هي التي تتدخل في ضخامة كمية الحركة ، وبالتالي في الصدمة . واهتم ماريوت ايضاً في البحث عن مراكز الارتداد.

القوة النازعة والثقل ـ نعود الى هويجن والى اكتشافه الاساسي لقوانين القوة النابذة . ويبدو انه

قد جُرَّ الى هذا البحث بفعل قراءة غاليلية وديكارت، وايضاً بفعل الرغبة العملية في بناء ساعة ذات رقاص مخروطي .

واكتفى هويجن في حياته بان ينشر في نهاية كتابه الكبير : اورلوجيوم أوسي لاتوريوم L'Horologium oscillatorium (1673) ، (الاعلان عن 13 اقتراحاً حول القوة النابذة او النازعة عن المركز. ومع ذلك فقد كتب بعد 1659 بحثاً « في ستريفوجه » De vi Centrifuga وهذا الكتاب لم يظهر الا في سنة 1703 .

ومن اجل دراسة النزعة النابذة لجسم مربوط في دولاب يدور، لجأ هويجن الى نقطة ارتكاز فعلية مرتبطة في الدولاب. ودلت اعتبارات جيومترية خالصة، بان الجسم اذا فرض انه ترك في نقطة A من الدولاب (وهرب عن طريق المماس) فانه يرسم في بداية هذه الحركة وبالنسبة الى النقطة A التي تدور مع الدولاب فضاءات تتزايد تزايد مربعات الاعداد الصحيحة المتتالية : 1, 4, 9, 16. . . . واذاً فكوناتوس Le Conatus الجسم المربوط بدولاب دائر هو نفسه كما لو كان هذا الجسم ينزع الى التقدم وفقاً لشعاع حركة متناسقة التسارع . ومن هنا تنبثق القوانينُ الكمية في ما يسمى Vis centrifuga، التي تعتبر في المرجع الدائر، وفي نظر هويجن، قوة حقة كحقيقة الجاذبية الارضية .

في البحث عن مبدأ حفظي - صرح هويجن في كتابه حول الساعة ذات الرقاص « أورلوجيوم أوس لاتوريوم » L'Horologium Oscillatorium : « إن العالم الكبير مرسين أعطاني كما أعطى غيري ، عندما كنت طفلاً صغيراً ، البحث عن مراكز الأرجحة أو الاضطراب ». ان نقطة الانطلاق عند هويجن في هذا البحث سوف تكون مبدأ توريشلي Torricelli ، المعمم على عددٍ من الأجسام الثقيلة ويقول آخر في كل حالات الأرجحة في الفراغ ، تصعد نقطة الثقل النوعي في النظام ، تماماً الى الارتفاع الذي سقطت منه . فضلاً عن ذلك قال هويجن بحفظ ما سماه ليبنيز بالقوة الحية ، في كل صدمة مطاطية . هذه الاعتبارات الطاقوية الأبسط جداً من الطريق التي سلكها ديكارت وروبرفال ، سمحت لهويجن ، بعد ان كان قد جرب بحذر أنظمة يتزايد تعقيدها ، بأن يحل هذه المسألة حلاً عمومياً ، وذلك بعد 1664 بالاستناد الى المخطوطات التي تركها . ولم ينل هويجن موافقة اجماعية من قبل معاصريه . وقد دخل ، في هذا الموضوع ، في نقاش كلامي مع الأب كاتيلان ، ومع جاك برنولي ومع مركيز ديلوبيتال de L'Hospital .

وقد عاد هويجن ، الذي جرب في كل عمله الميكانيكي ان يدعم وان يضخم غاليليه، عاد الى تبين قوانين سقوط الاجسام ، مدخلاً في كل لحظة غير قابلة للانقسام زمنياً ، تركيب السرعة المكتسبة، وتركيب السقوط الجديد للاجسام .

نظرية الرقاص - عالج هويجن بواسطة هذه القوانين نظرية الرقاص . فقد عرف مع مرسين Mersenne، وعكس تأكيدات غاليلي، ان تواقت أرجحات الرقاص الدائري محدودٌ ومقصور على الارجحات الصغيرة .

بحث هويجن في تحديد مدة نزول الرقاص ومقارنتها بمدة السقوط الحر . ومن اجل حساب هذه المدة بواسطة طريقة اللامنقسمات ، أحل هويجن محل قوس الدائرة التي يرسمها الرقاص البارابول المماسي في النقطة الأسفل . وقد حصل بالتالي على مدة من التأرجحات الصغيرة في الرقاص . ولكن هذه النتيجة لم ترض هويجن لا كجوميتري ولا كساعاتي . فقد أراد ساعة تتوافق مع أيّ مدى كان . ولهذا يتوجب وجود نقطة في مكانٍ محدد بدقة فوق خط البارابول وقد حمله هذا الى إبدال الرقاص الدائري بالرقاص الدويري (cycloïdal) بعد أن قدم نظريةً كاملةً عنه وبالموازاة بين ساعات سيكلويدية في سنة 1657 .

نسبية الحركة بين غاليليه ونيوتن ـ لم ينقطع هويجن في كل حياته العملية عن التفكير في الموضوع الديكارتي حول نسبة الحركة ولهذا بدأ بمعارضة النسبية بالنظر الى الانتقال المستقيم المتسق (ويسميه الحركة المستقيمة) بالصفة الضمنية الداخلية للحركة الدائرية : « إن الحركة المستقيمة ليست الا نسبية بين مختلف الاجسام . والحركة الدائرية هى شيء آخر ولها مركز (؟) لا يوجد للخط المستقيم » وكان هذا المعيار بالنسبة الى هويجن ، توتر خيط تحت تأثير القوة النابذة لجسم مربوطٍ بهذا الخيط .

ولكن فيما بعد وبعد أن اطلع على مبادىء نيوتن ومعارضةً لمطلقات نيوتن عاد هويجن ، في موضوع النسبية الى الطرح الديكارتي :

« ليس بالامكان بأي شكل من الاشكال تصور الحركة الحقة والطبيعية لجسم صحيح وكأنها تختلف عن سكون هذا الجسم . وفي الحركة الدائرية كما في الحزكة الحرة والمستقيمة ايضاً ، لا وجود الا للامر النسبي » .

ويعتبر عمل هويجن الحلقة الاساسية بين غاليليه ونيوتن ، ويقدم هذا العمل مثلاً اول عن علم متخلص تماماً من عقائد « المدرسة » . ويعتبر هويجن مثال الفيزيائي : دقيق جداً في مراقبة الوقائع ، الا انه لا يتصور التجربة الا في خدمة العقل .

VI ـ المدرسة الانجليزية بين ديكارت ونيوتن

في حوالي سنة 1650 انتشرت الفلسفة الديكارتية انتشاراً واسعاً في انكلترا . الا ان التيار الفكري الذي ساد في هذا البلد كان مختلفاً تماماً عن التيار السائد في القارة : فقد كان بآنٍ واحد مادياً اكثر، وذا نزعة تجريبية أقوى ، كما كان اكثر لاهوتية .

وكان هوبز Hobbes يعتبر بطل الاوالية الكاملة ، وذلك برفضه ما تضمنته طروحات ديكارت ، من روحانية ولو ظاهرة على الاقل .

إن الانسان يمكن أن يفسر بلغة الميكانيك . والرؤية تحصل من جهدين (أوكوناتوس Conatus)، أحدهما خارجي ، يأتي من الشيء ، في حين ينشأ الآخر فينا . ويُحدِث الصدامُ استيهاماً ماهاه هوبز بعمل الرؤية .

والفضـاء ذاته هـو وهم لا نرى فيـه شيئاً الا انـه خارج منفصـل عنا. والحقيقـة المطابقـة هي « الامتداد » الميزة الاساسية في الاجسام .

في الطبيعة، توجد حركة، ولكن لا يوجد زمن، لان الزمن هو وهم مجرد مرتكـز على الـذاكرة وعلى الاستباق .

والحركة لا يمكن ان تكون مفعولاً عفوياً - فالجسم لا ينتقل من السكون الى الحركة دون يحركه جسم آخر مجاور له .

وهوبز Hobbes متفق مع ديكارت في رفض الفراغ. وتعمير الفضاء كله بالاثير.

وحاول هنري مورHenry More وهو افلطوني من كمبريدج ان يدعم، في مواجهة مادية هوبز، حقيقة وازلية الجواهر الروحانية. وضد ديكارت، رغم اعتباره اياه كأول مفكر في عصره، رفض مماهاة المادة مع الاتساع. واخيراً ، واكثر من ديكارت ايضاً اصر على وجوب الحاجة الى تصور ديني لنشأة ولدوام ادارة العالم : وهذا ما سماه « روح الطبيعة » المفوضة من سلطة الله على المادة .

كـان مور More مقتنعـاً بوجـود فضاء مـطلق متسق وغير قـابل للتغـير، هـو اطـار ضـروري للحركات. وهذا الفضاء هو جوهر روحاني، يعطيه مور كما يعطي الخالق الصفات التالية : « البساطة الازلية الابدية الكمال الاستقلال الوجود، البقاء بالذات، عدم الفساد، الضرورة أو الوجوب، الاتساع والضخامة ، غير مخلوق وغير محدود ، بدون حدود ، دوام الوجود ، اللاجسمية ، النفاذ ، الشمول ، لكل الاشياء الجوهرية ، الحضور ، الحقيقة المطلقة » .

ومع روبر بويل Robert Boyle نعود الى فيزياء اكثر تحديداً . فبويل يعتبر ديكارت وغاسندي Gassendi كمعلميه، دون ان يهتم بخصامهما ، بدا ذرياً ونادى بفيزياء جزيئية ، تنسجم مع المبادىء الديكارتية . وهو مؤمن بوجود اثيرين مختلفين في الكون . الاول ينقل الاعمال الميكانيكية، كما تنتقل الاجزاء عند ديكارت والثاني ينقل الاعمال المغناطيسية وفقاً لاسلوب جلبرتGilbert .

ولا يكتفي بويل Boyle بالاسباب الفعالة وحدها. ان العلم التجريبي عاجز عن اعطائنا تفسيراً للاشياء . وهذا التفسير يجب ان يفتش عنه خارج الاوالية : من الواجب اللجوء الى (فاعـل) ذكي يتحكم بكل الاشياء .

واذا كانت المدرسـة الانكليزيـة في عصرهـا لم تعلن قوانـين وضعية كـالتي وردت في ميكانيـك نيوتـن ، فان الميتافيزيك الذي استعمله نيوتـن فيما بعد، قد سبق ورسم ان لم يكن قد حدد .

VII ـ نيوتن

يعتبر عمل نيوتون الذي فتح امام الديناميك حقل نظام العالم ، ثمرة قدرة عجيبة على التجريد في خدمة الفكر الفيزيائي .

المفاهيم النيوتونية وقوانين الميكانيك ـ تبدأ « الفلسفات الطبيعية والمبادىء الرياضية » ، التي صدرت من كلية الترينتي Trinity ، في كمبردج ، في 8 أيار سنة 1686 ، بتعاريف وبقواعد او قوانين حول الحركة تشكل القانون الاول الذي رسم لعلم الميكانيك .

وفي هذا الكتاب يبدو مفهوم الجرم تحت اسم « كمية مادة » . وبواسطة هذا المفهوم عرى نيوتن كل الاجسام من كل الصفات الغريبة عن فيزيائه الرياضية . وبالمقابل تحفظ في استخدام فرضية الاثير لكي يمكن كل المسائل التي استطاع ان يربطها بفكرة الجرم .

وتتحدد كمية الحركة بحاصل ضرب الجرم بالسرعة والقوة المحرضة تتناسب مع الجرم ، وهي تعبر عن جمودية المادة . اما القدرة التأثيرية (Vis Impressa) فهي العمل الذي بموجبه يمكن لحالة جسم ما ان تتغير ، سواء كانت هذه الحالة الحركة المستقيمة والمتسقة او كانت سكوناً . وهذه القدرة التأثيرية يمكن ان تحدث بفعل المصادمة او التصادم ، والضغط او بفعل القدرة الذاتية (Vis Centripeta) وهذه القوة الاخيرة هي القوة التي تدفع بجسم ما نحو مركز ما . انها فعل مسافي . في حين ان القدرتين الأوليين هما فعلا مس .

ويميز نيوتن ايضاً بين الكميات المطلقة ، المسرعة والمحركة في القدرة الذاتية المركزية . ان الكمية المحركة هي التي تتدخل في القانون الاساسي للمحركة .

وسواء تعلق الامر بالوقت او بالفضاء او بالمكان او بالحركة ، يطلب نيوتن التمييز ، امام هذه المفاهيم ، بين المطلق والنسبي ، بين الحقيقي والظاهر بين الرياضي والعامي . والمطلقات النيوتونية ، الزمن والفضاء هما مُطلقات مدرسة كمبردج : الفضاء المطلق كما فهمه هنري مور Henry More ، وبصورة مباشرة ايضاً الزمن المطلق كما فهمه اسحاق بارو Isaac Barrow .

والى جانب الزمن المطلق يدخل نيوتن الزمن النسبي الظاهري العامي وإلى جانب الفضاء المطلق ، النسبي الذي هو من نفس طبيعة الفضاء المطلق إلا أنه يختلف عنه « بالعدد » .

والحركة بالنسبة الى نيوتن هي نقل جسم من مكان الى اخر . وهي مطلقة اذا كانت الامكنة المعتبرة مطلقة أيضاً ، وهي نسبية اذا كانت هذه الامكنة نسبية .

ولكي يتوصل نيوتن الى الحركة الحقيقية والمطلقة في جسم من الاجسام الف الحركة النسبية في هذا الجسم في المكان النسبي حيث ينظر اليه مع الحركة النسبية بهذا المكان بالذات في مكان اخر حيث

يوضع ، وهكذا دواليك ، شيئاً فشيئاً ، حتى يتم الوصول الى مكان لا يتحرك اي الى مرجع او مرتكز الحركات المطلقة .

وعلى هذا فالحركات الظاهرة هي فروقات الحركات الحقة في حين ان القوى هي الاسباب وهي مفاعيل الحركات الحقة. وهكذا تتزيا القوة بسمة مطلقة .

ويعتمد نيوتن كمرتكز مطلق، محاور ترتكز على الشمس وموجهة رؤوسها نحو النجوم الثوابت. في هذا الاطار تكون الحركة الدائرية المطلقة حركة حقة ، وهو استنتاج سوف يرفضه هويجن فيما بعد كما قلنا . واول قانون للحركة اعلنه نيوتن هو قانون الجمود : كل جسم يستمر في حالة السكون او في حالة الحركة الموحدة التي هو عليها، ما لم تجبره قوة على تغيير حاله .

والقانون الثاني ينص ان التغييرات الطارئة على كمية الحركة تتناسب مع القوة المحركة ، وتحدث باتجاه هذه القوة : فلو فرضنا ان m هي الجرم $\vec{v}$ هي السرعة و$\vec{F}$ هي القوة وt هي الزمن فان هذا القانون يكتب بالترقيم الحديث $d\ (m\vec{v}) = \vec{F}\ dt$ (تغيّر = d direction) .

والقانون الثالث يكمن في مبدأ تساوي الفعل وردة الفعل، في اعمال جسمين يتفاعلان ولكن هذا القانون غير ذي قيمة في اعمال التماس. الا ان نيوتن يشمله الافعال من بعيد.

ويقدر نيوتن غاليليه، لجهة القانونين الاولين للحركة . في مجال قوانين الصدم يذكر ان سابقيه هم رن Wren ووالس Wallis وهويجن Huygens وماريوت Mariotte. وقد قام نيوتون بنفسه بتجارب دقيقة حول اصطدام رقاصين ليتأكد من تساوي الفعل وردة الفعل، دون ان يستبعد الصدمات المطاطية بصورة غير كاملة، حيث لا تحفظ السرعة النسبية الا ضمن حدود تقريبية (معامل ترجيع عند نيوتن) .

الميكانيك ونظام الكون عند نيوتن - بواسطة هذه المفاهيم وهذه القوانين، يبذر نيوتن في كتابه المبادىء كمية عجيبة من التبينات الرياضية معروضة وفقاً للطراز الجيومتري، رغم ان اداة الاكتشاف كانت في بعض الاحيان حساب التدفقات او ما يسمى بحسابات التفاضل.

ولا يمكننا ان نفكر في تحليل عمل نيوتن الكبير تفصيلاً، في الكتاب الاول يبين نيوتن انه بوجه عام ومطلق تكون حركة نقطة بتأثير من قوة مركزية ، مسطحة ، وتتم وفقاً لقانون المساحات - وهو قانون سبق ان وضعه كبلر ، في حالة الدائرتين المتخارجتي المركز ، واشمله المدار الاهليلجي - اي ان الشعاع الذي يجمع النقطة المادية الى مركز القوة يمسح او يرسم سطوحاً متساوية في ازمنة متساوية .

ثم حدد فيما بعد بتحليل جيومتري بسيط ومباشر قانون القوة المركزية التي بموجبها يمكن رسم منحنى معين .

وبصورة خاصة اذا كان المنحنى اهليلجاً ، واذ اكان مركز القوة يحتل بؤرة في هذا الأهليلج فان القوة تكون متناسبة عكساً مع مربع البعد عن المركز .

ان حركة الاجرام السماوية تدخل هنا ولاول مرة ضمن ديناميك دقيق .

يتضمن هذا الكتاب ايضاً قواعد حول تجاذب الكرات، قواعد تتيح رد حالة الجسم الكروي المتناسق او المتكون من طبقات وحيدة المركز ومتسقة ، الى حالة نقطة مادية .

ويعالج نيوتن في الكتاب الثاني حركة جسم في وسط مقاوم، باعتبار ان المقاومة تتناسب مع السرعة او مع مربع السرعة. كما وضع نظريات حول مقاومة السوائل معتمداً نسبية مقاومة هذه السوائل مع مربع السرعة. وبحث في الجسم المتحرك ذي المقاومة الدنيا مع فكرة تطبيق هذه القاعدة في العمارات البحرية. ودرس سرعة انتشار الموجات، سابقاً بذلك لابلاس La Place. وقد ميز بوضوح مفاهيم المائع الكامل غير القابل للضغط عن المائع اللزج، (مع تعريف دقيق لتوتر اللزوجة) وايضاً المواقع القابلة للضغط. وقد تعمق نيوتن في دراسة مسار القذائف او المنحنى وبين بشكل مباشر وواضح وجود خط تقارب مع هذا المنحنى مهما كانت قوة السرعة التي تتناسب معها المقاومة .

ويعالج الكتاب الثالث نظام الكون. ويبدأ (بعد الطبعة الثانية التي نشرت سنة 1713) بقواعد فلسفية ، وينتهي بالظاهرات (التي هي رصودات فلكية) . ثم ينتقل الى المقترحات وينتهي بسلم عام يفسر لاهوتية المؤلف ويتضمن التصريح الشهير فرضيات non fingo .

ويدرس نيوتن فيه حركة التابعات لكوكب ما وحركة الكواكب حول الشمس على اساس الجاذبية الكونية. وبين كيف انه يمكن استنتاج العلاقات بين اجرام الكواكب وبين جرم الارض . وحدد الثقل النوعي للارض بين 5 و6. (القيمة المقبولة اليوم هي 5,5). كما رقم جرم الشمس وجرم الكواكب التي لها توابع. وقدر انبعاج الارض بـ 1/23 (مقابل 1/297 المقبول حالياً) واعطى اول حساب يفسر مبادرة الاعتدالين، ودرس التغيير بحسب ارتفاع تسارع الجاذبية الارضية، كما عرف بالشذوذات الرئيسية في حركة القمر، وهي شذوذات تعزى الى جاذبية الشمس، كما وضع اسس نظرية المد والجزر واخيراً بين ان مسار المذنبات يفسر بجذب الشمس واوضح كيف يمكن حساب الظروف لعودتها ويبدو مجموع هذه الاكتشافات التي تلحظ المسار اللاحق لكل ميكانيك السماء ، بشكل عجيب حقاً .

الفلسفة العلمية لنيوتن - نعود لحظة الى « القواعد الفلسفية » التي وضعها نيوتن في مطلع كتابه الثالث. فالقاعدتان الاوليان يقصد بهما فقط تحديد عدد الاسباب المأخوذة في الاعتبار لتفسير الظاهرات . اما القاعدة الثالثة فتهدف الى تذكية التشابه المولد ويقوم على اعطاء كل الاجسام بوجه عام الصفات التي هي من خصائص كل الاجسام التي خضعت للتجربة. وبفضل هذه القاعدة برر نيوتن ، بالمقارنة مع الجاذبية الارضية ومع جاذبية القمر على الارض الخ ، تأثير الجاذبية الكونية. هذا دون ان يجعل من الجاذبية صفة اساسية في المادة، وذلك بسبب تغيرها بتغير المسافة .

وتفيد القاعدة الرابعة ان الاحكام الحاصلة بالاستقراء انطلاقاً من ظاهرات ما، هي دائماً عرضة لاعادة النظر بفضل تجارب جديدة، لا بفعل فرضيات جديدة معاكسة .

وطالب نيوتن، متنبهاً بفعل الاعتراضات المحقة التي وجهت اليه من قبل الديكارتيين، بشأن نظامه حول العالم ، بحريه مراقبة بالتجربة فقط في هذا المجال.

وبوضوح اكبر ايضاً ، صرح نيوتن في « سكوليوم جنرال » Scholium generale الذي ورد في كتابه « المبادىء » (ابتداء من الطبعة الثانية) بانه لم يكن يريد وضع فرضيات :

« لقد شرحت حتى الآن الظاهرات السماوية، والظاهرات في البحر، بواسطة قوة الجاذبية، ولكن لم أرد ، في اي مكان، سبب هذه الجاذبية .

وحتى الان لم اتوصل ايضاً الى ان استخلص من الظاهرات سبب هذه الخصائص. خصائص الجاذبية، ولا الخيل فرضيات على الاطلاق لان كل شيء لا يستخلص من الظاهرات هو مجرد فرضية : والفرضيات ، سواء كانت ميتافيزيكية ام فيزيائية ام ميكانيكية، او متعلقة بالصفات الخفية، يجب ان لا تستقبل في الفلسفة التجريبية .

في هذه الفلسفة ، تستخلص الاحكام من الظاهرات ثم تعمم بالاستقراء » .

ورغم هذا الاعتراف الوجداني الايجابي، فقد حصل لنيوتن، في « المبادىء » بالذات ان خرج على موقف « الفرضيات » لا تفترض (Hypotheses non fingo) وعلى القواعد التي حددها بنفسه بشأن كل حدس وكل مشابهة تعميمية . نعطي لذلك مثلاً :

« ان الابخرة التي تتناثر من الشمس ومن الكواكب الثابتة ومن مخلفات المذنبات ، قد تسقط بفعل ثقلها في فضاء السيارات، وفيه تتحول الى ماء والى رطوبات ، ثم بفعل حرارة كامنة ، تتغير قليلاً قليلاً الى أملاح او كبريتات او ملونات او طمي او صلصال ، او طين، او وحل او رمل او حجر او صدف او غيرها من المواد الترابية » .

ان الموقف « الفرضيات لا تفترض » هو تراجع تكتيكي عند نيوتن. فقد قرف من المناظرات التي فرضت عليه في مجال البصريات ، فاراد ان يختصر كل نقاش ـ لا اكراه جماهيره ـ فاعطى لفيزيائه اساساً تجريبياً متيناً ولغة رياضية خالصة .

وعلى هذا النحو، « يصبح العالم الخارجي عالماً قاسياً بارداً ، بدون لون ، صامت وميت ، عالم كميات ، عالم الحركات المنتظمة انتظاماً رياضياً . امّا عالم الصفات النوعية المرئية مباشرة من قبل الانسان فمردود الى مرتبة ذات مفعول متدنٍ في هذه الآلة الضخمة ». (ي. آ. برت : المؤسسات الميتافيزيكية في علم الفيزياء العصري) .

ان تكون فيزياء نيوتن الرياضية الخالصة قد نجحت ، وان تتم تعريتها من الاستقراء الذي هو في اصل نشأتها وتفريغ المطلقات النيوتونية من محتوياتها الميتافيزيكية والتيولوجية ، واستبعاد الاسباب الغائية التي تَذَرَّعَ بها نيوتن وأثارها ، وتناسي كل الأشكال وكل الوظائف التي زود نيوتن بها الاثير البصري واثير الجاذبية الارضية ، تم التغاضي عن الدور الذي اعطاه للجاذبية الكونية كمبدأ

ناشط، سواء على الصعيد الكوني أم على المستوى الذري، والتقبل المطلق للاعمال من بعيد التي تجتاز بسرعة خاطفة الفراغات الفضائية الكبرى، ثم التوصل الى جعل الجاذبية الكونية عقيدة، كل ذلك هو تراث منتشر تماماً ، ولكنه يبسط جداً تعقيدات البناء النيوتني[1]

الواقع ان نيوتن كان عرافاً حقاً [صاحب رؤى]، لم ينفك طيلة حياته العلمية ، يحرك الفرضية بخيال الاكثر حيوية والاكثر جرأة. فنيوتن « المبادىء » الذي لا يريد اعطاء الآخرين الا اليقينيات الرياضية ، يقابله نيوتن « الاوبتيكا » ، الاكثر شفافية والاكثر تفسيراً للصور التي استخدمت كدعامة لفكره الخلاق . .

كان الفكر الفيزيائي عند نيوتن مقروناً بتيولوجيا ، يتوجب علينا ان نقول بشأنها بعض الكلام ، خاصة وان نيوتن كان له في الاصل ، اشياع ، في هذا المجال ، اكثر من اشياعه حول فيزيائه الرياضية بالذات .

ان الترتيب الذي يسود نظام العالم هو من صنع كائن قدير وذكي. ان الله موجود « جوهرياً » في كل مكان ، ودائماً . ونحن لا نعرفه الا عن طريق البنية الممتازة للاشياء و عن طريق الاسباب النهائية . ان التنوع الذي يسود كل شيء في الزمان وفي المكان لا يمكن ان يصدر الا عن الارادة الآلهية وعن الحكمة الإلهية .

والفهم البشري ليس الا الانعكاس المتناهي الصغر للوجدان الآلهي . ويذهب نيوتن في « الاوبتيكا » الى حد جعل الفضاء اللامتناهي « عالم الحس » (Sensorium) حيث يشاهد الله ويفهم كل الاشياء التي تعرض عليه عرضاً آنياً مباشراً » .

ان تناسق الكون هو من فعل ارادة قاصدة ، واختيار وليس فعل صدفة . اذ ليس لاي سبب طبيعي قدرة كافية على احداثه .

نيوتن ضد ديكارت ـ كان نيوتن يعرف انه سوف يواجه بطروحات الأوالية الديكارتية . ولهذا حرص على دحضها منذ البداية . ولهذا بين استحالة العثور ، كمياً ، على القانون الثالث الذي وضعه كبلر Kepler اذا افترضنا ان الكواكب التابعة تحملها الاعاصير ـ مع افتراض ان الافعال المتبادلة بين طبقات الاعاصير تتبع قوانين السوائل اللزجة . وكان نيوتن يعلق اهمية بالغة على هذا الدحض : « من المؤكد (صرح بهذا في السكولي في نهاية الكتاب 2 من « المبادىء ») ان السيارات ليست محمولة بأعاصير مادية . . . ان فرضية الاعاصير تتعارض مع كل الظاهرات الفلكية ، بل هي اولى ان تشيع فيها الاضطراب ، لا ان توضحها. ولكن يمكن ان نفهم من كل ما قيل في الكتاب الاول

---

(1) من اجل تحليل اوضح يراجع : ر. دوغاس : R.Dugas الميكانيك في القرن 17 (نيو شاتل Neuchâtel وباريس 1954) آ. كواري A.Koyré: من العالم المغلق الى الكون اللامتناهي (باريس 1962 ودراسات نيوتونية (باريس 1968) .

كيف يمكن لهذه الحركات ان تحدث بدون اعاصير، في فضاءات حرة. وهذا سوف يفسر بصورة افضل في الكتاب الثالث » .

في مكان آخر (اوبتيكس، Opticks كيري 28,Query) وضع نيوتن ، بوجه اعم، استحالة الحركات في « ملآن » ديكارت. فمن اجل التعبير عن الحركات المنتظمة والدائمة ، لدى السيارات والمذنبات، من الواجب تفريغ السماوات من كل مادة وربما باستثناء بعض الابخرة النادرة جداً ، وهي وهج يتصاعد من اجواء الارض، والكواكب السيارة والمذنبات، ومن وسط اثيري نادر جداً. . . ان السائل الكثيف لا يمكن ان يستخدم لشيء من اجل تفسير الظاهرات في الطبيعة. . . مثل هذا الوسط لا يمكن ان يستخدم الا لشلّ ولتأخير حركة الاجسام الكبرى وإضعاف اطار الطبيعة. وفي مسام الاجسام لا يستخدم هذا السائل الا لايقاف الارتجافات في اجزاء هذه الاجسام التي فيها تكمن حرارتها ونشاطها . ولما كان لا يستخدم لشيء ، ويعيق عمليات الطبيعة ولا يستطيع الا ان يضعف هذه الطبيعة، فلا يوجد اي دليل على وجوده وبالتالي يتوجب رفضه » .

وقد حارب نيوتن ايضاً حفظ الحركة بالمعنى الديكارتي. وفي هذا الوقت ارتكب خطأً ـ ربما مقصوداً ـ خطأ احتساب صفات الحركة حسابياً ـ كما سبق ان فعل ديكارت ـ بدلاً من ان يوجهها . وهذا هو استنتاجه :

« نظراً للتنوع ، وللحركات المتناقصة باستمرار، والتي نجدها في العالم، نتأكد من ضرورة الاحتفاظ ومن ضرورة تقوية للحركة بواسطة « مبدأ ناشيط »، مثل سبب الثقل، وبه تكتسب الاجسام سرعات كبرى وهي نازلة ، ومثل سبب التخمير، وبه يكون قلب ودم الكائنات الحية في حركة دائمة ، والاجزاء الداخلية للارض تبقى حارة دائماً ، وبدرجة عالية جداً احياناً ، الاجسام تحترق وتشع، والجبال تلتهب، واغوار الارض تنفجر، وتظل الشمس تدفىء كل شيء بنورها . اذ لا نلاقي الا القليل من الحركة في هذا العالم ، حركة ليست اثراً من اثار المبادىء الناشطة . وفي خال عدم وجود مثل هذه المبادىء ، فان أجسام الارض والسيارات والمذنبات ، والشمس وكل الاشياء ، تصبح باردة ومجلدة وتتحول الى كتل جامدة لا حياة فيها . وتتوقف الحياة، مع كل تخمر، ومع كل خلق ومع كل استنبات وتترك السيارات والمذنبات مداراتها » (اوبتيكا ، كيري 31) .

ومهما كان ميكانيك ديكارت واهياً ، ومهما كان ميكانيك نيوتن قوياً ، فيجب الاعتراف بان هذه الصورة الخيالية تتراجع بالنسبة الى الأطروحة الديكارتية حول حفظ الحركة ، في حين يبدو التدخل الثابت للمبادىء الناشطة، متجاهلاً لكل استقواء .

ومن الحق الاشادة بان نيوتن قد صحح هذا الحكم. وان هو زعم، مع ديكارت، ان العالم لم يكن ليخرج من الفوضى الاساسية، بفعل القوانين الطبيعية وحدها، الا انه يقول بان هذا العالم يمكن ان يستمر « طيلة اجيال » سنداً لهذه القوانين .

ولم يكن نيوتن ليجهل تنكر الديكارتيين للصفات الخفية . ولهذا حرص على التأكيد بان

التجاذب، كما يفهمه، هو صفة ظاهرة : « يقول : لا ارى [المبادىء الناشطة ، مثل مبدأ الجاذبية] كصفات خفية مفترضة ناتجة عن الشكل الذاتي للاشياء ، بل كقوانين عامة في الطبيعة ، وبها تتكون الاشياء : ان حقيقتها تبدو لنا عبر الظاهرات ، وان لم تكتشف بعد اسبابها. لان هذه المبادىء هي صفات ظاهرة ، ولكن اسبابها فقط هي الخفية . » (اوبتيك ، كيري31) .

كان نيوتن، عندما كتب لبنتلي Bentley، وهو اول انصاره الكهنوتيين ، يخشى ان يميل هذا الاخير الى اعتبار الجاذبية صفة بالمعنى المدرسي للكلمة .

« انك تتكلم عن الجاذبية وكانها شيء اساسي وملازم للمادة. ارجوك لا تعز اليّ هذا المفهوم لاني لا ازعم اني اعرف سبب الجاذبية ، واني احتاج الى مزيد من الوقت لكي انظر فيه » .

استقبال نيوتن في القارة الاوروبية ـ كان العلم النيوتني يذهب لملاقاة عالم ديكارتي غير مستعد ما امكن لاستقباله ، وفي اغلب الاحيان غير قادر على متابعته . كان ذلك في الوقت الذي كان فيه فونتنيل Fontenelle ينشر بين الناس اعاصير ديكارت في اللطيف من « احاديث حول تعدد العوالم » . وكان الناقد في « جريدة العلماء »، الذي كان يحلل « المبادىء » لنيوتن، ـ مع الاشادة بكمال هذا الميكانيك ـ يعتبر هذا الميكانيك عارياً من اية قيمة فيزيائية ، باعتباره غير مستجمع الشروط المطلوبة لفهم الكون .

والعيب الرئيسي في نظر الديكارتيين ان نيوتن ، حين احل الجاذبية محل فعل التماس البسيط ومحل الدفع، فانه اعاد الاعتبار الى صفة من الصفات التي انكرها القرن .

حتى ان فكراً عظيماً كفكر هويجن فضل ترقيع وتصحيح اعاصير ديكارت على القبول بالجاذبية وبالمطلقات النيوتنية.

واقنعت قراءة « المبادىء » هويجن ، وكان يشك بها كثيراً من قبل، بصحة قوانين كبلر ، وببطلان الاعاصير كما يفهمها ديكارت. انما يجب ترقيع العقيدة الميكانيكية. وكتب هويجن في مذكراته : « اعاصير حطمها نيوتن . اعاصير حركة كروية مكانها . يجب تصحيح فكرة الاعاصير .

اعاصير ضرورية ، الارض تهرب من الشمس. ولكنهما بعيدتان ، الواحدة عن الاخرى، وليستا متلامستين ككرتي « م. دي كارت » .

ذلك هو موضوع « خطاب حول سبب الجاذبية الارضية » الملحق « بكتاب النور » لهويجن في طبعة ليد (1690). في هذه المذكرة، يطور هويجن نموذجه الميكانيكي حول الجاذبية الارضية ، ويبدو كانه يأسف لانه لم يعرف كيف يسبق نيوتن، نتيجة تخلفه عن تعميم الجاذبية الارضية لتشمل القمر والشمس، وهو امر كان ممكناً بفضل القوانين الكمية و« القوة المركزية » (Vis Centri fuga).

اما لبينيز ، فلكي يفسر على طريقته حركة الكواكب، فقد ربط بآنٍ واحد دوران المائع ، والقوة

النازعة والجاذبية الكونية . وبيّن له هويجن الى اي حد يبدو له هذا المدخر خصباً ، لان قانون عكس المربع وحده، مضافاً الى القدرة النازعة ، يعطي مدارات كبلر الاهليلجية .

VIII ـ ليبنيز

بدأ ليبنيز في الميكانيك، بـ « تيوري موتيس ابستراكتي » (1671) Theoria motus abstracti، وهي نظرية عقلانية خالصة مرتكزة على فكرة كوناتوس (Conatus) بمعنى هوبز Hobbes. وقد دافع ليبنيز عن هذه المغالطة بان الـ كوناتوس Conatus، مهما كان ضعيفاً ، له خاصية الانتشار الى ما لا نهاية في الملآن (عكس الفراغ) وانه يلتصق بكل حاجز جامد، مهما كان كبيراً . هذه النظرية لا تثبت باي شكل امام التجربة .

لقد كان هدف « تيوري موتوس كونكرتي » Theoria motus concreti او « فرضية الفيزياء الجديدة » حل التناقض بين الفيزياء المحددة والحركة المجردة . والاثير، الذي يملأ كل الفضاء ، هو بآنٍ واحد عامل الجاذبية وسبب الحركات في النظام الشمسي ونظام المرونة ، وهي خاصية كونية في الاجسام الحساسة .

في 1686 اطلق ليبنيز الهجوم الذي كان يُعدُ له منذ زمن بعيد ضد القانون الديكارتي حول حفظ الكميات من الحركة . والطاقة الحركية لا تقاس بحاصل ضرب « الجسم » بسرعته ، بل بالمفعول الذي تحدثه هذه السرعة مثل الارتفاع الذي ترفع به جسماً ثقيلاً ، لا السرعة التي تدفعه بها . وبحسب قوانين غاليليه، تكون « القوة » بالمعنى الذي قصده ليبنيز ، متناسبة مع مربع السرعة . هذه القوة التي يسميها ليبنيز « القوة الحية » (بالنسبة الى القوة الثابتة او القوة الميتة) تبقى محفوظة وحدها في الطبيعة ، كما اثبت ذلك هويجن .

وليبنيز ، حين كتب الى ارنولد Arnauld في 28 تشرين الثاني 1686، فتح النزاع حول « القوى الحية » الذي دام حوالي ثلاثين سنة وتغذى بصورة اساسية بالامثلة المأخوذة من صدمة الاجسام .

كان الديكارتيون يزعمون ان مجموع كميات الحركة يُحفظ في الصدمة . وكان الليبنيزيون يرفضون ذلك وينادون بحفظ بمجموع القوى الحية أثناء الصدمة. هذا النزاع ظل الى حد بعيد نزاعاً كلامياً، لأن الفريقين كانا متفقين حول نفس قوانين الصدمة، وكانت الاخطاء موزعة : فقد كان على الديكارتيين ان يوجهوا توجيهاً صائباً كميات الحركة ، وكان على الليبنيزيين ان يقصروا حفظ القوى الحية على حالة الاجسام المرنة تماماً، فقط .

وادخل ليبنيز ايضاً ، في الميكانيك ، وذلك بشكل اسمي خالص، مفهوم الفعل المحرك ، وكان يريد احلاله محل كمية الحركة. ان هذا العمل يقاس، في حالة حركة موحدة متسقة ، بواسطة الصيغة ((mv s)) حصيلة الجرم بالسرعة وبالمسافة المقطوعة . واعطى ليبنيز لهذا الفعل المحرك صفة مطلقة

وجعل من حفظه قانوناً طبيعياً . وقد ميَّز ايضاً بين المفعول الشكلي لهذا العمل، وهو مجرد نقل او تحويل يمكن ان يعبر عنه بـ((m s)) وبالنشاط او الحركية (v) التي يحدث بها هذا المفعول الشكلي(1)

ولكن العنوان الاساسي عند ليبنيز في الميكانيك انه عرف، فيما خص الحساب التفاضلي والتكاملي، كيف يلقي لاول مرة جسراً بين الديناميك والستاتيك ، وذلك بجعله القوة الحية تنبع من عدد لا يحصى من التأثيرات المستمرة للقوة الميتة (او القوة الجامدة). لقد بحث ليبنيز ووجد في هذا القانون الترضيات الميتافيزيكية التالية: ادخال « مطلق » هو القوة الحية (التي ليست والحق يقال ، الا متحركاً لا يتغير ملحوظاً) ، احترام مبدأ الاستمرارية، واخيراً معادلة كاملة بين السبب الكامل والمفعول الكامل .

يندرج ميكانيك ليبنز ضمن ميتافيزيك يعطي للحركة حقيقة كبيرة مرتبطة بالنشاط وبعفوية كل جوهر لا يحدث له شيء ان لم يكن نابعاً من ذاته، وذلك بفضل الانسجام المسبق، دونما تصارح مع جواهر اخرى. ويحارب ليبنز بآن واحد، الفراغ، بحجج ميتافيزيكية خالصة ولاهوتية ، ويحارب الذرات ، باسم مبدأ الاستمرارية . ويحارب الكل دون ان يقبل بالامتداد الديكارتي. اذ في نظر ليبنز ، ليس الامتداد الا صفة بسيطة تعبر عن الحالة الراهنة ، التي لا يمكن ان تكون منبعاً لاي عمل ولا لاي تغيير، في حين ان مفهوم الجوهر يجب ان يتضمن كل ماضيه وكل مستقبله. واخيراً يدافع ليبنيز، في مواجهة المطلقات النيوتونية، عن النسبية الخالصة في ظاهرات الحركة، وبالتالي عن معادلة الفرضيات الفلكية .

حصيلة القرن السابع عشر ـ من العبث محاولة تلخيص فكرة معقدة كتعقيد فكرة مؤسسي الميكانيك . والرسالة الجماعية التي تركها لنا القرن السابع عشر ما تزال قيد البحث، وتأمل ان تكون قد بيّناها،من بين ظروف صراع دائم في كل حين. ان مفكري القرن الكبار لم يكتفوا بمقاومة « المدرسة » فقد تحاربوا فيما بينهم بحرارة بل واكثر، اما مباشرة واما بواسطة محازبيهم . ولم يكن ميكانيك القرن السابع عشر الا ميداناً علمياً يبحث عن مبادئه الذاتية ويسعى الى اكتشاف منهجيته ومبادئه الأولى. وكان من الضروري ان تحصل ولادته وسط منازعات ميتافيزيكية ولم يكن الفصل ممكناً الا بعد حين بين الفكر الميتافيزيكي، والمجمل الاكثر تواضعاً للمقومات الضرورية والكافية لممارسة العلم الوضعي. لقد افرزنا مكاناً واسعاً للفكر الميتافيزيكي وكان هذا ضرورياً . واليوم يسود الميل الرامي الى تجاهل مسائل هي اساسية كما هي ابدية . وقد حاولنا ان نستخرج المسائل الثانية. وهي مصنوعة من الدقة المتصاعدة في المفاهيم وفي اللغة ، كما هي بحاجة الى وضع تحليل رياضي يستعمل ويستخدم بآن واحد تقدم الآلة الرياضية ، والتنسيق بين المسائل الخاصة التي طالما شغلت العلماء في هذا القرن ، وذلك ضمن نمط محدد من البنيات . وبواسطة اساليب مختلفة ، في نهاية القرن، ومع هويجن وليبنيز ونيوتن أمكن الاعتقاد بتحقيق خطة فهم عالٍ وعقلاني كان غاليليه يتوق اليه ، فيما خص علم الحركة . ولم يبق ، والحق يقال ، إلا التنظيم والتقييم .

(1) يرمز الحرف m إلى الجرم أو الكتلة ، الحرف v إلى السرعة والحرف s الى المسافة .

الفصل الثالث :

العصر الذهبي لعلم الفلك القائم على الملاحظة

في مجال علم الفلك يعتبر القرن السابع عشر حقبة ذات تجديد عجيب. ومن الملاحظات التي جمعها تيكوبراهي Tycho Brahé وهو مفكر عميق وخيالي، وكبلر، سوف تستخرج صياغة قوانين ذات بساطة مدهشة ميزت العلم الحديث ولونته. وبان واحد استعمل غاليليه منظار التقريب من اجل رصد السماء ؛ وفي الحال فتح عصر اكتشافات متنوعة وكلها اساسية ساهمت في اعداد التأليف والتركيب النيوتوني. ان العصر هو عصر الرصاد : وابسط الة كانت تكشف يومئذ عن مظاهر غير متوقعة للكون .

وهكذا تأكدت التصورات الجريئة عند كوبرنيك Copernic واستكملت. اما البقايا المدرسية فسوف تزول بصورة تدريجية. وتم اكتشاف أشياء جديدة . ولم يعد الناظور آلة للتأمل فقط ؛ بل سوف يكون وسيلة قياس . واستفادت من هذا التقدم في مجال علم الفلك وتجهيزاته الأكثر كمالاً ، الجغرافيا والملاحة والجيوديزيا وكل الفيزياء . وأصبح توليف قوانين الكون ممكناً ، وسرعان ما تمكنت عبقرية نيوتن الرياضية من صياغتها. وظهرت أهمية هذا التجديد وعمقه في تفصيلات حياة علماء الفلك. وفي مطلع القرن لجأ كبلر الى المتاجرة في الرزنامات وايضاً الى التنبؤات الفلكية لكي يسد احتياجاته. وفي سنة 1675 منح شارل الثاني معاشاً لأول فلكي ملكي في انكلترا، مع تكليفه بمهمة العمل من اجل تحديد دقيق لخطوط الطول خدمة للملاحة. وفي مرصد باريس الجديد ارتأى كولبر Colbert أن يقيم اكاديمية العلوم الجديدة. وبين يوم ويوم تكاثرت تفاعلات تقدم العلم وتطور المجتمع. وهناك مشهدان يستطيعان تقريباً تحديد مرحلة تاريخ علم الفلك، سوف نصفهما : في سنة 1610، ومن اعلى جبل كومبانيل Campanile، دُعي محافظ جنوا من قبل غاليليه لمراقبة توابع جوبيتير. وفي سنة 1671 زار الملك لويس الرابع عشر مرصد باريس. واصبح علم الفلك، ومعه كل العلوم ظاهرات اساسية في تاريخ العالم .

I ـ ثورة مطلع القرن

خلفاء تيكوبراهي Tycho Brahé ـ توفي تيكوبراهي في فجر القرن السابع عشر (خريف 1601) .

ولكن عمله الضخم كراصد منهجي كان له تأثير عميق على الحقبة التي فتحت: والتوثيقات التي خلفها سوف تستعمل لمدة طويلة. وكانت تتضمن، بالقوة، استنتاجات كان لا بد من صياغتها بشكل واضح.

ونجح كبلر في ذلك، بشكل افضل ولا شك مما كان يقدر عليه تيكوبراهي. وعرف كبلر وغاليلي كيف يقدمان لنظام كوبرنيك البراهين التي لا تدحض والتي كانت تنقصه.

. كبلر ـ جوهان كبلر Johannes Kepler، ولد في 27 كانون الاول 1571 في ولدرستاد، في مقاطعة ورتنبرغ. ودرس علم الفلك في توبنجن، بالقرب من الكوبرنيكي مستلين. ولما اصبح الرياضي الاميري، في ستيريا، سنة 1594، نشر بعد ذلك بقليل كتابه الأول (بـرودرومـوس Prodromus).. (توبنجن 1596) واذا كانت مؤلفاته اللاحقة قد صنعت له مجده، فان بعض مظاهر هذا المجد تستحق ان يشار اليها.

في الفصل الاول يُبرز كبلر الاسباب المختلفة التي دعته الى ترك نظام بطليموس. مثلاً، ان افلاك التدوير بالنسبة الى السيارات العليا، بحسب نظام بطليموس كانت ترى من الارض ضمن زاوية تساوي تماماً الزاوية التي يُرى من خلالها مدار الارض (كما كان كوبرنيك يتصوره) انطلاقاً من كل من هذه السيارات. وهذا لا يمكن ان يكون من فعل المصادفة العفوية. اما فلك تدوير المشتري فيبدو بالتالي أصغر من فلك المرّيخ، وفلك زحل يبدو اصغر ايضاً في حين ان الموصلات تبدو في ترتيب معاكس من حيث الضخامة. وهذا امر لم يجد له تفسيراً في نظام بطليموس. وكذلك الامر بالنسبة الى كون مدة السيارات الدنيا على موصلها تتساوى مع مدة الشمس، وكذلك الحال فيما خص واقعة ان الشمس والقمر لا يتراجعان على الاطلاق. وبالعكس تصبح كل هذه الظاهرات اكيدة ان اتبع نظام كوبرنيك Copernic. وحتى عندما يقترب كبلر في علاقاته من تيكو فانه يبقى كوبرنيكياً مقتنعاً. وفي هذا تكمن فكرته الرئيسية المتجلية في كل عمله.

ومن برودروموس Prodromus يمكن ان نحفظ تصوراً عبقرياً يدل، وان كان غير صحيح، على الذوق وعلى الاستعدادات الجيدة عند كبلر. وقد اهتم هذا الاخير في اتمام عمل كوبرنيك حول المسافات النسبية للكواكب، فتصور انه بين الكرات الست ذات المركز الواحد، والتي وضع عليها كوبرنيك مدارات السيارات الست، تدخل متعددات السطوح المنتظمة ذات الاشكال الخمسة الممكنة. وكل متعدد يدخل ضمن كرة، فيعتبر محيطاً بالكرة الادنى. وهكذا يدخل المكعب ضمن كرة زحل، ويحيط بكرة المشتري. وبعدها يأتي المجسم المربع الوجوه، وكرة الارض وذو العشرين وجهاً، وكرة الزهرة والثمانيني وأخيراً كرة عطارد.

وظل كبلر لمدة طويلة متعلقاً بهذه الفكرة الغريبة التي تستمدّ فقط قوّتها من مصادفة عارضة، هي وجود خمس مسافات وكذلك وجود خمس متعددات الوجوه المنتظمة. وفي الطبعة الثانية من كتاب برودروموس Prodromus، سنة 1621، اي بعد اعلان القانون الثالث، عاد الى عرضه الاول بعد ان

صححه فقط بعدة ملاحظات. ويمكن هنا ان نرى فكرة اخرى توجه بحوثه اللاحقة ونوعاً من الاعداد الغامض للقانون الثالث، هذا البرهان القاطع على مهارته كحاسب.

ولكن كبلر صاغ اكتشافه الاول، في بـرودرومـوس : هـذا الاكتشـاف هـو خـطط مـدارات السيارات، مدارات متجاورة وغير متداخلة ، تمر بالشمس. ونظراً لعدم وجود جداول واضحة بما فيه الكفاية، ونظراً ايضاً لعدم التحرر الكافي من تصورات بطليموس، مرر كوبرنيك خطط المدارات بمركز مدار الأرض؛ فنتج عن ذلك تغييرات لا يمكن تفسيرها تتعلق بانحرافات السيارات الدنيا. هـذا الخروج يزول ان مرت خطط المدارات بالشمس التي احس كبلر بدورها في حركات الكواكب (وكانت الفترات الاقصر بالنسبة الى السيارات الدنيا قد دلت على ان الشمس لها تأثير أكبر في المسافة القصيرة) .

والانحراف الثابت في خطط المدارات في فلك الابراج كان نتيجة اخرى مباشرة، لما تقدم. وقد اشار كبلر الى هذا في برودروموس: وهذا كان كافياً لابراز أهمية هذا الكتاب الصادر عن عالم عمره 25 سنة.

وبسبب مرسوم صدر ضد البروتستانت اضطر كبلر الى ترك غـراز Graz، وفتش عن ملاذ في براغ، قرب تيكوبراهي الذي اصبح منجم الامبراطور رودولف الثاني، وذلك في شبـاط سنة 1600، ومات تيكو بعد قليل من لقائهما اي قبل ان يتسبب التعارض في افكارهما حول نظام كوبرنيك ، في سوء العلاقة بينهما ولكن، وهذا مكسب افاد منه العلم كثيراً ، استطاع كبلر ان يتصرف على هواه بالبحوث العظيمة التي وثقها تيكو ، بحيث استطاع ان يتابع حلمه في هندسة العالم : البحث عن علاقات قائمة بين اشعة المدارات النجومية ، وبين الاجرام الخارجة من مراكزها ، والحقب، (وبالتالي السرعات). ومن جهة اخرى ورث كبلر وظيفة الرياضي في خدمة الامبراطور. واذا كان عليـه من جراء هـذا ان يقدم للبلاط التوقعات النجومية ، فلم يظهر عليه انه كان يكره هذا الامر او ان بحوثه قد تأثرت به .

وفي سنة 1604 نشر كتابه عن البصريات: «أد. فيتيليونيم AD. Vitellionem» وفيه عرف شعاع الضوء ، وشرح انعكاس النور وبين ان الانكسار الفضائي يحرف الضوء من كل الكواكب بدون تمييز وهذا حتى السمت .

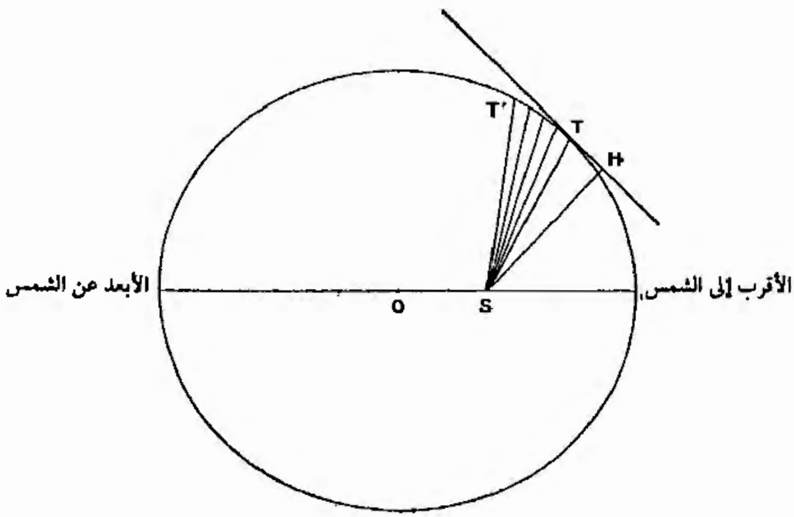
وبذات الوقت، تابع كبلر بحوثه الاساسية التي تستحق رسم مختصرها على الاقل. وعـاد الى اعمال تيكوبراهي حول المرّيخ ، فتحقق من فارق مقداره ′8 بين المراكز المرصودة والمراكز المحسوبة على اساس المنحرفات عن مواكزها وأفلاك التدوير [دائرة مركزها في محيط دائرة كبيرة] . والخطأ لم يكن ليعزى الى تيكو الذي اعترف كبلر له بالمواهب كمراقب، فعمد الى مراجعة المدار الارضي على اساس ملاحظات تيكو. وقارن كبلر الملاحظات حول المرّيخ التي جرت وبينها 687 يوماً من المسافة. ذلك ان 687 يوماً هي مدة دوران المرّيخ حول الشمس، والشعاع شمس - مرّيخ هو اساس ثابت يمكن بالنسبة اليه يمكن تحديد المواقع المتتالية للارض. وبالامكان تكرار العملية بواسطة سلسلة اخرى من العمليات

المحققة دائماً وبينها 687 يوماً. وهكذا امكن تقرير النتيجة الاولى التي استخدمت كأساس لوضع القوانين الكبرى: ان مدار الارض دائري (تقريب مرضٍ جداً، كما هو معروف، نظراً لان الشمس واقعة على مسافة من المركز تساوي R0,018. حيث R تدلُّ على شعاع المدار. ان قيمة الخروج عن المركز المعتمدة من كل سابقي كبلر كانت اكبر بمرتين) .

وتصور كبلر ان الفعل المحرك الذي تحدثه الشمس على الارض يجري بشكل تماس مع المسار (فقد كان يجهل مبدأ الجمود) وهذه القوة، كما يقول تتناسب عكسياً مع المسافة (ST) ارض شمس، وكذلك حال سرعة السيارة في مدارها.

من المعلوم ان هذا غير صحيح: ان السرعة تتناسب مع مسافة الشمس الى تماس المدار (SH، في الصورة 23). في هذه الاثناء دقق كبلر في فرضيته في الحالات الخاصة فقط لانتقال الارض بين النقطة الاقرب من الشمس [اقرب نقطة من فلك سيار او مذنب الى الشمس] مرة والى الاوج اي الابعد عن الشمس. وها هو الآن مقتنع.

ولحسن الحظ، عوض هذا الخطأ بخطأ آخر: بالنسبة الى قوس صغير جداً في المدار، ان الوقت الذي تضعه الارض لتجتاز هذا القوس يتناسب مع طول شعاع السهم ST، من اجل حساب مدة اجتياز القوس المحددة.



صورة 23 ـ تبين قانون المساحات من قبل كبلر

وظن انه يتصرف نحو الافضل ، فاحل محل كل الاشعة ـ الاسهم الوسيطة بين S T و'S T ، ويقول آخر محل مجموع الاطوال، مساحة القطاع 'TST. غلطة ارادتها العناية اذ بها تمَّ ، فيما خص

حركة الارض ، اكتشاف نسبية الزمن والمساحة التي يكنسها الشعاع - السهم : وقد اثبتت الملاحظات ذلك. وعندما، راجع كبلر مدار المرّيخ ، فقد طبق عليه، في الحال، نفس قانون المساحات، القانون المعتبر دائماً وكأنه القانون الثاني عند كبلر، وان جاء في المقام الاول من حيث الترتيب التاريخي في اكتشافاته.

وعلى اساس المدار الارضي المكتشف، استعاد كبلر رصود مارس فعندما يكون هذا السيار في ادنى منازله او في سمته (اعلى منازله)، تتوافق الحركة الدائرية المستبقة بموجب النظرية، مع القياسات. وبالعكس عندما يحتلّ المرّيخ في مدارها مراكز تربيعية بالنسبة الى سابقاتها، فان الفارق يكون ضخماً ، وانتهى كبلر الى التخلي عن فرضية الحركة الدائرية. ان الاهليلج هو الشكل البيضوي الذي يتوافق تماماً مع تنبؤات قانون المساحات، باعتبار ان الشمس تحتل احد مراكز المخروط .

ويمكن ان نلاحظ عرضاً ان الفرضيات التبسيطية التي قال بها كبلر تجد مبررها في حالة المعارف السائدة في ذلك الحين: من جهة هناك ملاحظات تيكو، التي مهما كانت فائدتها ، فانها قلما تجاوزت درجة الدقيقة في الزاوية؛ ظرف مساعد لان اخطاء القياس كانت تخفي بالتالي شذوذات المسار التي تتسبب بها الاختلالات. ومن جهة اخرى كان كبلر - وهو الرياضي الجيد، الذي لم يكن قد استبق زمانه بخمسين سنة ليقارن المتناهيات الصغر - يعرف جيداً اعمال الاقدمين حول المخروطات. حتى ان انشتين قال بشأنه :

« تدل اعمال كبلر ان المعرفة لا يمكن ان تنبثق عن التجربة وحدها: بل يتوجب معها المقارنة بين ما تصوره العقل وما لاحظه وراقبه » (كيف ارى العالم، ترجمة فرنسية، 1934، ص180).

الى هذه الظروف التاريخية يضاف ايضاً الفارق بين خروج مدار الارض عن محوره، ولو ضعيفاً ، وخروج مدار المرّيخ، الاعنف والاقوى نسبياً . وبعد 1605 اصبح كبلر يمتلك قانون الحركة الاهليلجية. ونشرت الصيغ النهائية للقانونين الاولين بعد اربع سنوات في « امسترونوميا نوفا. . . (اب 1609) .

وبعد ذلك بكثير، في 15 ايار 1618، اعلن كبلر عن القانون الثالث: نسبية مربع فترات السيارات مع مكعبات متوسطات بعدها عن الشمس. وهكذا تحقق ميل كبلر الى « تناسق العالم » وهو الميل الذي برز سابقاً في « برودروموس ». ولكن بذات الوقت استكمل عمل كوبرنيك، وتحرر من المفاهيم القديمة. وربما كان في ذهن كبلر خليط، ربما كان احياناً مشوشاً ، من الافكار العميقة، ومن الافكار الاقل ثباتاً . ولكن اهمية عمله، تقاس الى حد ما ، عندما نعرف اي دور لعبته القوانين الثلاثة في تكوين التوليف النيوتني.

ان نشاط كبلر لم يقتصر مع ذلك على هذه البحوث ذات الصفة الرياضية الغالبة . فقد بقي حتى وفاته ، رغم المصاعب التي لقيها في حياته، مراقباً وملاحظاً . وعند اتصاله بغاليليه ، درس المذنبات سنة 1618 ، معترفاً بطبيعتها السماوية (وكان البعض يرى فيها ظاهرة جوية، كما درس البقع في

الشمس. وفي اولم Ulm، حيث اضطر الى الالتجاء، نشر سنة 1627، « طابولا رودولفينا » Tabulae Rudolphinae، اعترافاً بفضل راعيه رودولف 2. وتضمنت هذه الجداول التفصيلية لوائح بالوقائع عن الكواكب السيارة، محسوبة على اساس القوانين الثلاثة. وقد « اهديت » الى جون نابيه John Napier، لان استخدام اللوغاريتم سهل حسابها الى حد كبير. وبفضل هذه الجداول استطاع كبلر ان يتنبأ باحداثيات الكواكب السيارة : فمنذ 1629، اعلن عن مرور عطارد فوق الشمس في 7 تشرين الثاني سنة 1631، ومرور الزهرة في 4 كانون الاول 1639 و6 حزيران 1761.

وظلت هذه الجداول طيلة قرن المعتمد الاساسي لكل علماء الفلك.

غاليليه ـ ولد في بيزا سنة 1564. علّم اولاً في جامعة بيزا ثم في جامعة بادو. ومنذ 1597 اصبح من اتباع نظام كوبرنيك ـ في فكره على الاقل ان لم يكن في كتاباته او تعليمه. ولكن شهرته كفلكي ـ اذ ظل يعتبر حتى ذلك الحين كرياضي ـ يعود تاريخها الى ارصاده حول (نوفا) سنة 1604، ارصاد صدرت في مجموعة «اوفيكوس». واستحالة قياس زاوية الاختلاف (Parallaxe) هذا النجم الجديد تدل، بحسب رأيه، على أنه نجم بعيد. وفي الحال ادخل غاليليه أفكاره في تعليمه، وكانت فرصة اولى للمجادلات : اذا كانت « نوفا » ظاهرة سماوية ، فان رأي ارسطو حول ازلية ـ ثبوتية السماء يكون خاطئاً . وليس لغاليليه ان يفاجأ ، منذ ذلك الحين، بان يلقى طيلة حياته خصوماً سوف يصبحون اعداء العالم الحديث .

وفي حزيران 1609 علم غاليليه ان منظاراً للتقريب قدم، منذ عدة اشهر سابقة الى الامير موريس دي ناسو Maurice de Nassau. وشرع، في الحال، في بناء واحد واستعمله ليرصد السماء . وكان انفعاله امام عجائب الطبيعة المتكشفة امامه محسوساً في رسائله . اما اهمية اكتشافاته ، فقد برزت بحق من خلال شهرة الكتاب الذي تضمنها : « سيدروس نونسيوس » . Sidereus nuncius magna (البندقية اذار 1610) :

وصف في بادىء الامر جبال القمر التي كانت ذراها المضيئة تظهر وراء المنتهى [الخط الفاصل بين الوجه المضيء والوجه المظلم]، وبمقارنة اشعة الارض والقمر، استنتج ان جبال القمر اعلى اربع مرات من جبال الارض.

وعند دراسة الضوء المنعكس عن القمر والضوء المنعكس من النور الرمادي، عثر على الاثبات بان الارض تلمع مثل باقي الكواكب .

ورسم، على صفحة من الكتاب، كل الكواكب غير المعروفة والتي اكتشفها في مجموعة (Constellation) اوريون Orion (في البودريه، ذكر، بدلاً من 9 نجوم مرئية بالعين المجردة ـ ثمانين نجماً)، ثم في الثريا (Pléades) (حيث اكتشف ستاً وثلاثين نجمة متراكمة) . وبدا له درب المجرة ، على حقيقته، مجموعاً متراصاً من النجوم ، لا سديماً (nébulosité) يعكس بهاء الشمس او القمر، ولا نيزكاً كما يؤكد أرسطو .

. . واخيراً، وبصورة خاصة يعلن « سيدروس نونسيوس » اكتشاف توابع المشتري . وكان اول اكتشاف له يعود إلى 7 كانون الثاني 1610 . وخلال رصدٍ للمشتري ، شاهد غاليليه ثلاثة نجوم جديدة بقرب الكواكب، مصفوفة بحسب اتجاه مداره (دائرة دوران المشتري في فلكه) . وقد يظن انها كواكب ثابتة ينسحب امامها جوبيتر. ولكن، في اليوم التالي، عثر على الرفاق الثلاثة بقرب من جوبيتر انما بوضع آخر (الكتاب يذكر، بشكل بسيط وايحائي هذه المظاهر المتنوعة) . وفي 11 كانون الثاني لم يشاهد الا كوكبين، ولكنه في 14 منه شاهد اربعة. وحصلت لديه القناعة، انها ليست نجوماً ثوابت ، انها كواكب تائهة ، تدور حول جوبيتر، انها توابع له. وبسبب صعوبات التحديد، لم يستطع تحديد اوقاتها، الا بالنسبة الى التابع الرابع الذي بدا منفصلاً بوضوح عن الاخريات . الا ان هذا يقلل من اهمية الاكتشاف. واعترض اعداء كوبرنيك : اذا كانت كل الكواكب تدور في مداراتها حول الشمس، فلا نفهم لماذا يشذ القمر ويدور حول الارض . ان وجود توابع لجوبيتر يحطم هذا الاعتراض .

نفهم اذا كيف ان غاليليه أراد، وبسرعة، اشهار هذه الاكتشافات، التي تقدم، بدون حسابات معقدة يصعب على غير المتخصصين فهمها ، براهين لا تدحض تدعيماً لنظام كوبرنيك.

وكان لا بد من وجود معارضين. وان قل عددهم في بادو حيث كان التأثير الشخصي للمعلم قوياً ، بالنسبة الى بقية ايطاليا . واتخذ تشويش الصور الحاصلة بواسطة هذه المناظير الاولى، ذريعة وذهب البعض الى حد القول ان الكواكب المكتشفة ليست الا صوراً وهمية خلقتها الآلة بالذات. وفوق ذلك، بدا من غير المعقول التأكيد على وجود نجوم جهلها بطليموس وارسطو من قبل، بحجة انه بالامكان رؤيتها . . .

عندما تلقى كبلر « سيدروس نونسيوس » لم يكن بين يديه بعد آلة رصد تشبه تلك التي بناها غاليليه . ولكنه فهم في الحال الكشوفات الغاليلية واهميتها بالنسبة الى علم الفلك الجديد والى دعم مفاهيم كوبرنيك بصورة خاصة. وابدى رأيه في رسالة مفصلة ارسلها الى غاليلي في ايار 1610 ونشرها في الحال تحت عنوان :

«ديسرتاسيو كوم. . . Dissertatio Cum...» . وبعد ذلك بقليل تلقى ناظوراً ارسله غاليلي، نقله اليه اميركولونيا المنتخب.

وعندها حرر ملاحظاته الخاصة في « ناراسيو. . Narratio.. » حيث اكد منذ 10 ايلول 1610 صحة اكتشافات غاليليه بدون غموض .

وقبل امعان النظر في سلسلة الاكتشافات الكبرى الفلكية ، التي تعود للقرن 17، ربما يكون من المفيد الاشارة الى اهمية سنة 1610. فحتى هذا التاريخ، غطت اولوية الاعتبارات النظرية ، سمة اساسية في علم الفلك، هو كونه علم ملاحظة ورصد. ان ناظور غاليليه المتواضع هو رمز العلم الجديد. والآلة مهما كانت متقدمة ، لا تعطي حتماً ، ان تولاها الجهال او ناقصو البراعة ، الا نتائج مشكوكة. ولكن اذا عرف الراصد امكانات وحدود استخدام اجهزته ، واذا لم تكرهه ضرورات الرصد

على اهمال تثقيف نفسه بثقافة علمية واسعة، وخاصة ثقافة رياضية، فاي خضم من العمل واسع ينفتح اذاً امامه. ان نوعاً من الحوار في التفكير النظري وفي الكمال التقني سوف يتأكد، بعد ذلك، وكأنه الصفة الغالبة في تطور علم الفلك. ان الاكتشافات الرصدية، حتى تلك التي بدت وكأنها وليدة الصدفة، سوف تغذي البحث النظري، وتمنعه من الضياع بعيداً عن الواقع. وسوف تقضي الحاجة الى التحقق من النظرية بوجوب استكمال المعدات التي سوف تساعد على اكتشافات جديدة. وقد ذكر ذلك بايي Bailly بشأن قوانين كبلر:

«ان واجب الناس هو درس الطبيعة من خلال الاحداث المنفصلة. وعندما تحصل لهم الرؤى بما فيه الكفاية، يعتكفون. ان الاحداث تتجمع في رؤوسهم، بدون تسلسل او ترابط، ولكن السلسلة موجودة، ومن الممكن اكتشافها. ويأخذ العباقرة القلم، ويرسمون خطة: الى هذا توصل كبلر. ويعد يكفي تطبيق الخطة المرسومة من قبل الخيال وفقاً للنموذج الاكبر الذي هو الطبيعة. وبعدها تجب العودة الى الملاحظة. والعطاء الاكثر حظاً، من السماء، الاختراع، موجود بين الاحداث التي عليها تتأسس الانظمة، والاحداث هي التي تثبتها» (تاريخ علم الفلك القديم) (1779).

ان هذه الافكار تبدو لنا مألوفة اليوم. ولكن يجب ان ندرك اية ثورة كانت تحدثها في الفكر العلمي في مطلع القرن السابع عشر هذا.

غنى العمل الفلكي عندغاليليه ـ بدت حياة غاليليه بين1610 و1619 خصبة بشكل خاص في علم الفلك. فقد استمر يدرس السيارات. وبعد نيسان 1611، اي بعد مضي سنة على اكتشاف هذه السيارات اصبح بامكانه ان يميز بينها. وقد مكنه هذا من تتبع الحركة، وان يحدد بشكل تقريبي على الاقل، زمن كل نجمة تابعة (وهي عملية دقيقة كان كبلر نفسه يعتقد باستحالتها). نشير ان غاليليه لم يكن يسترشد، في هذا البحث، بقانوني كبلر الاولين (لانه لم يؤمن بهما ابداً). ان هذا الفلكي الراصد لم يكن يؤمن الا بارصاده الخاصة. وربما كان هناك ايضاً بعض الاشتباه Prévention عند غاليلي ضد «استرونوميا نوفا» حيث اثقل كبلر نصه بتجاوزات عشوائية.

ان ازمنة التوابع الاربعة، صغيرة، اقل من يومين بالنسبة الى الاقرب وما يقارب 17 يوماً بالنسبة الى الابعد عن النجمة المتبوعة. ووضع غاليليه الجداول الاولى حول حركاتها الوسطى بأمل استخدامها في التنبؤ بوضع النظام في تاريخ معين وبالتالي التنبؤ بكسوفات التوابع. ولكن التحديد الصحيح لهذه الجداول، وقد ادرك غاليليه ذلك، كان يقتضي الرصد طيلة زمن يعادل الزمن اليومي (السيدرالي) للمشتري حتى تمكن مقارنة الأتصالات الحادثة عندما يكون الكوكب قد عاد الى نفس الوضع ضمن مداره. وتسلسلت ارصاد غاليليه بين 1610 و1619 فغطت بالتالي فترة لم تكن كافية لاكمال المهمة على احسن وجه. وكان هناك صعوبة اخرى كمنت في عجز المنظار عن تحديد المسافات: كان غاليليه يربط مسطرة مدرجة فوق انبوب المنظار ويرصدها بعين الشمال في حين كانت العين اليمنى فوق جهاز الرصد (اوكولور). ذلك كان حال مقياس الجزئيات ميكرومتر الوحيد الممكن التحقيق بواسطة جهاز الرصد المتعرج. ومع ذلك، وانطلاقاً من معطيات جمعت ضمن هذه الشروط حدد غاليليه عناصر

مدارات التوابع، قاصراً الرصودات على مركز الشمس حتى يتخلص من كل الشذوذات التي تعزى الى الحركة النسبية في الارض في علاقتها مع المشتري .

وكان غاليليه، يطمح في هذا المجال، الى الوصول الى وسيلة تمكنه من تحديد الاطوال بسهولة ان المظهر او الشكل المعين للتوابع قد يكون اشارة قد ترصد من مكانين مختلفين على الارض . وقدم امير هولندا مكافأة مقدارها 25000 فلورين للذي يقدم اسلوباً من شأنه ان يخدم الملاحة. وقام استاذ في جامعة بيزا، الاب رينياري Renieri، يشجعه غاليليه، بمتابعة حل هذه المسألة، ولكنه لم يستطع اكمالها قبل وفاته. وكان لا بد من انتظار سنة 1668 حتى تظهر جداول ج. د. كاسيني J.D.Cassini، تحت عنوان: الوقوعات « افيمريد. . . ». وهي مدينة بصورة واسعة لاعمال هؤلاء الرواد.

لنفتح هنا هامشاً : بعد 1611، قام بيرسك Peiresc، وهو مستشار في برلمان بروفنسا، كان لعشر سنوات خلت، تلميذاً لغاليليه في بادو، يشكل مجموعة متحمسة من القراء البروفنسيين لكتاب « سيدروس. . Sidereus.. » وبذات الوقت مع معلمه الشهير، ولكن بصورة منفصلة تماماً عنه، خطرت له فكرة تحديد الاطوال عن طريق قياس الاوضاع المتتالية للتوابع(المرصودة لاول مرة في اكس من قبل جوزف غوتيه Joseph Gaultier، في 24 نوفمبر سنة 1610. وبعد مراقبتها في اليوم التالي، اكتشف بيرسك السديمية (Nébuleuse) أوريون . واذا كانت اعمال بيرسك لم تذهب الى الابعاد التي ذهبت اليها اعمال غاليليه، الا انه خطرت له الفكرة الطيبة بارسال مساعده لومبار Lombard الى مالطه، ثم الى سوريا لتطبيق المنهج عملياً . وكانت النتائج مخيبة للآمال . ولكن بيرسك لم يترك الموضوع، ونظم بنجاح شبكة رصد لكسوف القمر في 28 آب 1635، الامر الذي اتاح تصحيح خرائط المتوسط الشرقي بما يعادل 1000 كلم زائد .

ونعود الى غاليليه الذي لحظ بدقة وصحة كل ما يتطلبه حل مرضٍ لمسألة خطوط الطول، فضلاً عن جداول حركات التوابع اكثر دقة من جداوله (مع الافتراض بان هذا الاسلوب بقي محفوظاً) : زيادة دقة القياسات بواسطة المنظار، ثم ايجاد وسيلة للحصول على مثل هذه الملاحظات والرصودات عن سطح سفينة ثم حسن الاحتفاظ بالوقت. وخلال القرن تم جمع الاختراعات بعضها الى بعض : الميكرومتر والسدسية والساعة ذات الميزان او الارجوحة ثم الزنبرك الحلزوني.

ولم تثن اهمية ملاحظة توابع المشتري غاليلي عن استكشاف السماء بوجه شامل. ولكن زحل كان يخبيء له فشلاً لا ينتسى. فكتب يقول : « لقد رصدت اعلى كوكب سيار فوجدته مثلثاً » وذلك في جناس تصحيفي، غامض، ثم بعد ذلك عاد فرآه واحداً. لقد كان منظاره اعجز من ان يريه المظهر المضلل للحلقات التي، اذا نظرت من انحرافات متعددة، اتخذت اشكالاً متنوعة .

في حين استطاع غاليلي ان يرصد بكفاءة مراحل الزهرة، وهذا تثبيت جديد لنظام كوبرنيك وبهذا الشأن كتب غاليليه الى احد اصدقائه الاب بنديتو كاستالي P. Benedetto Castelli « حسن ان تفيد ارصادي في نتائج جيدة! ولكنك تضحكني ان اعتقدت انها سوف تبدد كل الغيوم. وسوف توقف

كل نقاش. ان الاثبات قد وصل منذ زمن بعيد الى الحقيقة الاكيدة الاخيرة. واخصامنا سوف يقتنعُون ان استطاعوا ذلك. ولكنهم هم يريدون مغالطة انفسهم. . » .

واتاحت التفصيلات الرصدية عن القمر لغاليليه ان يفهم ان تابعنا (القمر) يُوجه دائماً نفس « النصف » نحو ارضنا، ولكن مع وجود بعض الميل او الانحراف وهذا ما نسميه نحن التمايل وقام هفليوس Hevelius وكاسيني Cassini بتعميق دراسة الظاهرة. وارتكب غاليلي خطأ الاعتقاد انه اقتصر على مفعول التغير الظاهري (Parallaxe) الناتج عن تنقل الراصد بالنسبة الى مركز الارض .

ويعد 1610 ثم في سنة 1612، رصد غاليليه بقع الشمس. وربما تعود اسبقية هذا الرصد بالمنظار الى جوهان فابريسيوس Johann Fabricius (نشرة صدرت في ويتنبرغ سنة 1611). ونازع الاب كريستوف شاينر P.Christoph Scheiner، وهو يسوعي كان يعلم الرياضيات في أنغولستاد، وتعود ارصاده الى اذار سنة 1611، نازع غاليليه اكتشافه (وشرح شاينر Scheiner أيضاً التشويه الذي يصيب الشمس عند مغيبها . ومهما يكن من امر، فان رسالة مؤرخة في سنة 1612 تزيل الشكوك حول تفسير غاليلي لاكتشاف الظاهرة :

« استنتج ان هذه الجدات هي بمثابة المآتم او النهاية او القيامة الاخيرة للفلسفة المزورة. لقد ظهرت علامات واشارات في القمر والشمس. واتوقع ان اسمع حول هذا الموضوع اشياء كبيرة اعلنها المشاؤون عن جمود وأبدية السماء. ولا اعرف كيف يمكن انقاذ هذا الجمود وهذه الابدية » (كتاب الى ف. سيسي 12 ايار 1612). وقد عرفنا ان هذا الجمود لم ينقذ ولم يسلم .

نهاية المناهضين لكوبرنيك ـ اذا كانت اكتشافات غاليليه، وقد جاءت بعد قانوني كبلر، قد قدمت براهين حاسمة لصالح الافكار الكوبرنيكية، فان المناهضات النهائية لم تكن الا لتزداد حدة، كما هو طبيعي تماماً . في سنة 1616، اعلن « المكتب المقدس » كذب وكفر الرأي الذي يجعل الشمس في مركز الكون. وبعد ذلك بقليل، وجواباً على معارضين، نشر غاليليه « الساجياتور » Saggiatore (1623)، تحفة من روائع المناظرة . وكان الاهم في نظرنا نشر كتابه « حوار = ديالوغو » (1632): إذ يلخص غاليليه فيه فلسفته، في معارضة فلسفة ارسطو . ودون ان يهتم بتعقيد حركات السيارات (استمر يتجاهل اهمية اعمال كبلر) عرض افكاره حول نظام العالم ، وبدا ميكانيكه وكانه التتمة الضرورية للنظام الكوبرنيكي. انه يحضر التوليف النيوتني، انما دون ان يخطر بباله ان حركة السيارات وحركة القذائف قد توصف ضمن نفس القانون.

وعرف « ديالوغو » وهو كتاب في مستوى فهم الجماهير، نجاحاً كبيراً جذب انتباه « محكمة التفتيش » . في حين ان كتب كبلر، الاكثر صعوبة على الفهم وعلى القراءة ، لم تعرف نفس النجاح والشهرة. وعلى كل حال في 22 حزيران 1632 ، وبعد محاكمة دامت عشرين يوماً حكمت محكمة مؤلفة من سبعة كرادلة بما يلي :

« القول ان الشمس، وهي الثابت الذي لا يتحرك موضعياً ، تحتل مركز العالم، هو قول باطل،

وكاذب فلسفياً وهو هرطقة لانه يخالف شهادة الكتابات المقدسة. وانه ايضاً باطل وكاذب في الفلسفة القول بان الارض ليست ثابتة في مركز العالم. وهذا القول يعتبر من الناحية التيولوجية ضلالاً على الاقل بالنسبة الى الايمان ».

وبعد ذلك اضطر غاليلي الى توقيع صيغة الاقرار بالكفر قبل ان يستمع الى الحكم عليه بالاعتقال داخل منزله في ارستري. ومات فيه، بعد ان اصبح اعمى في 8 كانون الثاني 1642.

وتفحص هذه المحاكمة بتفصيلاتها، ودوافعها ومفاعيلها يخرج عن نطاق موضوعنا. ولكن السكوت عنها يعني تغطية مظهر من مظاهر التقدم في علم الفلك في القرن 17. وانه من مقتضى طبيعة الاكتشاف ان تدخل على المفاهيم التي عمل الزمن على اشاعتها بين الناس، تصحيحات تختلف درجة عمقها. اليس من المحتوم المؤكد ان يلاقي المفكرون الجريئون والقادرون على تصور تركيب جديد مبتكر، معارضة من اولئك الذين لا توجد لديهم نفس القدرات الخلاقة؟ هذه الملاحظة لا تهدف ابداً الى التقليل من خطورة الخطأ والظلم التي ذهب ضحيتها غاليليه. ولكن الأسباب اصبحت اليوم مفهومة بصورة افضل عندما يُوضع الحدث ضمن اطاره الزمني.

وظل المعارضون لكوبرنيك يظهرون لمدة طويلة، متأخرين. فقد ظهر كتاب استرونوميا دانيكا Astronomia danica، لمؤلفه لونغومونتانوس Longomontanus، وهو تلميذ قديم لتيكو ومدافع عن نظامه، في سنة 1640، ومن بين الكوبرنيكيين انفسهم لم يعتمد بعضهم قوانين كبلر: فقد نشر فيليب لانس برج Philip lans berge، جداول كواكبه محسوبة على اساس نظرية الابيسيكل واحل اسماعيل بوليو Ismael Boulliau، في كتابه استرونوميا فيلوليكا (باريس 1645) محل القانون الثاني، بناء معقداً كان الهدف منه العودة الى حركة متناسقة متجانسة.

الا ان هذه كانت المظاهر الاخيرة من مظاهر الافكار القديمة. وكان على الكوبرنيكيين مهمة الاستمرار في عمل كبلر وغاليليه بإضافة اكتشافات جديدة اليه.

II ـ ازدهار علم الفلك الرصيدي

.الهواة ـ بعد ان عرفت اكتشافات غاليليه، وكان النشر السريع لكتاب سيديروس نوسيوس، عاملاً حاسماً في التقدم، استحصل العديد من الهواة على مناظير واخذوا يتمرنون على الرصد. وكان هناك الكثير من المظاهر او الاشياء الجديدة التي يمكن الوصول اليها والتي تشكل سلسلة فخمة من المكتشفات المتنوعة. واية لائحة بهؤلاء المكتشفين الهواة سوف تكون غير كاملة حتماً. نشير فقط الى الاكتشافات الاكثر اهمية.

نبدأ بتوبوغرافيا القمر او مسحه. قام بيرسك Peiresc، يعاونه غاسندي Gassendi بوضع اول خريطة للقمر، ورسمها له كلود ميلان Claude Mellan سنة 1636. وبعدها جاءت خارطات

لنغرينوس Langrenus في اسبانيا سنة 1645، وهفليوس Hevelius في دانزغ 1647؛ الذي اكتشف بعد عشر سنين التمايل الطولي واخيراً جاء ريكيولي Riccioli وغريمالدي Grimaldi في ايطاليا سنة 1650. والى هؤلاء الاخيرين ندين نحن بـ بالمواقعية الجبلية التفصيلية. وهكذا مهدت الطريق امام عمل جون دومينيك كاسيني Jean Dominique Cassini، الذي كانت خارطته قد حفرت على كرة قطرها 54 سنتميتراً، وقد اتمها سنة 1679 وظلت بدون مثيل حتى نهاية القرن الثامن عشر.

وبقي العالم النجومي غير مكتشف تماماً. فالمناظر كانت عاجزة تماماً. ولكن سبق ان اشرنا الى اكتشاف سديم اوريون من قبل بيرسك سنة 1611. اما سيمون ماير Simon Mayer او ماريوس Marius (1570 – 1624) وهو فلكي عند منتخب براند بورغ Brandebourg فقد نازع غاليلي، زوراً، اكتشاف توابع المشتري، الا انه كان الاول بدون منازع الذي اشار الى وجود سديم اندروماد. ولكننا نكون فكرة عن بطء التقدم في هذا المجال عندما نذكر الاكتشاف التالي، اكتشاف كومة هركول Hercule، من قبل هالي Halley، في سنة 1715. . . ويبدو ان الصدفة وحدها هي المسؤولة عن هذه الاكتشافات التي لم يفهم معناها الحقيقي يومئذٍ.

وفي سنة 1596، في هانوفر Hanovre اشار دايفد فابريسيوس David Fabricius الى اللمعان المتغير في نجمة اكثر تألقاً في برج الحوت كان اسمها الكلاسيكي ميرا Mira. وكان مكتشفها الاول هفليوس Hevelius. وكانت مدتها 333 يوماً، وقد قاسها بوليو Boulliau في سنة 1652.

ونحن مدينون ايضاً لنفس هفليوس Hevelius باكتشاف الصياخد او البقع اللماعة في الشمس الذي يؤكد، بعد اكتشاف البقع، ان سطح الشمس لم يكن لا ثابتاً ولا جامداً. ونذكر ايضاً من بين اعمال هذا الفلكي لائحته النجومية غير المكتملة. ولكن الاسم الذي اطلقه، وهو مسكوكة (سوبيسكي Sobieski)، على حقل غني جداً بالنجوم في طريق المجرة، تكريماً لحاميه وسيده جون Jean الثالث سوبيسكي Sobieski، ما يزال مستعملاً حتى الآن. وظل اسم هفليوس Hevelius مقروناً حتى الان بالعمل الاول الشامل حول المذنبات. وظهر كتابه خارطة المذنبات سنة 1668 : وفيه اثبت بفعل قياس التغير المواقفي في المذنبات، مذنب 1652 ومذنب 1664، ان هذه المذنبات ليست تغيرات سماوية في فضائنا، بل انه تنبأ بان حركتها بيضاوية او شبه بيضاوية حول الشمس.

استمرت دراسة الكواكب السيارة. وقام اليسوعي الايطالي نيكولو زوكي Niccolo Zucchi برصد بقع فوق المرّيخ، وقطاع المشتري سنة 1640 وربما كان فونتانا Fontana قد شاهدها سنة 1636. وقد سبق ان رصد بيرسيك، اولاً، عطارد في وضح النهار، واكتشف النور الرمادي في الزهرة.

ولكن يبدو انه من المفيد التثبت من توقعات كبلر الذي سبق واعلن عن مرور عطارد فوق الشمس في سنة 1631. وقد نجح غاسندي في رصد هذا الامر. وبهذا الشأن يقول الاب هنبرت Humbert :

« الحقيقة انه لم يكتشف شيئاً . . . انه اثبت فقط الاكتشافات السابقة. ولكنه في كل ارصاده اظهر عن منهجية فكرية وعن حرص على الدقة ، وعن توخي الاناقة التي جعلته اعلى من كل معاصريه » (مذكور في العمل الفلكي عند غاسندي Gassendi ، باريس 1936).

ورصد غاسندي المرور، عن طريق الاسقاط، مشيراً بدقة ـ وقد اسف لانه لم يتوصل الى عمل أفضل ـ الى نقطة الخروج من الصحن .

والارصاد المتعلقة بالمرور، طيلة القرن لم تتجاوز الدقة التي وصل اليها غاسندي. في سنة 1639 رُصِدَ مرور الزهرة من قبلْ الشاب هوروك Horrocks، قرب ليفربول (وكان هذا الفلكي الشاب المأساوي المصير، 1619 ـ 1641،) اول من طبق قوانين كيلر على حركة القمر مثبتاً تنوع الخروج عن المركز، وتأرجح المحور الكبير خلال المدار وتتبع هفليوس Hevelius في دانزغ وهويجن في لندن، مرور عطارد في 3 أيار 1661 (وكان هذا ثالث مرور رصد).

هذا الجدول السريع قد يعطي فكرة عن كثرة الارصاد المفيدة. انما يجب الاعتراف ايضاً بمحدودية الغنى الناتج عن هذه الارصاد. لا شيء يشبه في كل هذه القوة الخلاقة عند شخص مثل كبلر او غاليليه. اما الجدة فاتت من التقدم في صنع الآلات من قبل عالم كامل هو هويجن.

هويجن ـ استهوت المسائل البصرية هويجن الذي فهم ان التقدم الجديد في مجال علم الفلك مرهون بتحسين الالات. وفصل اول ناظور له في سنة 1655. وفي سنة 1659 كتب ما يلي : « يوجد في التلسكوبات المزودة فقط بزجاجات محدودبة ، مكانٌ ما يقع بالنسبة الى العين على مسافة اكبر بمرتين تقريباً من المحدودب بحيث انه اذا وضعنا في هذا المكان داخل الانبوب شيئاً دقيقاً وصغيراً منتهى الصغر، فان هذا الشيء يُرى واضحاً ضمن اطار في منتهى الوضوح، بحيث انه يسحب من الرؤية ، وبنسبة تتناسب مع ابعاده الجانبية ، قسماً من شيء مضيء مثل القمر منظوراً اليه بواسطة التلسكوب . . » .

هذا النص الذي يعالج فيه هويجن « الفاصلة »، التي هي جدة الميكرومتر، يدل على ان فوائد جهاز الرؤية اللام او الجامع، التي اشار اليها كبلر سنة 1611، هذه الفوائد بقيت 50 سنة حتى دخلت في مجال التطبيق العادي. واذاً فقد فهم هويجن تماماً اي مكسب يمكن ان يستفاد بالنسبة الى قياسات الزوايا .

الا ان التقدم الذي حقق في قطع العدسات ، وبصورة خاصة من اجل اعطاء سطوح العدسات الانحناءات المطلوبة ، بدقة كافية، مكنت هويجن من ان يضيف الى اكتشافات غاليليه مكتسبات مفيدة جداً

لا شيء يشبه، بالضبط ، الضجيج المفتعل الذي تسبب به كتاب سيدروس نونسيوس Sidereus nuncius . ولكن سنة 1655 تعتبر انطلاقة جديدة لعلم النجوم المبني على الرصد .

فقد اكتشف هويجن ، بادىء الامر، تيتان Titan ، وهي اكبر التوابع بالنسبة الى زحل Saturn، فالقمر والتوابع الأربعة الغاليلية للمشتري، هذه هي إذن ستة توابع معروفة ككواكب سيارة. هذه المطابقة العددية، ارتدت في نظر هويجن معنىً : فقد بدا له انه من المستحيل ان يكون هناك عدد من التوابع يفوق مجموع عدد السيارات. وسادت الفكرة « المسبقة » على امكانات الرصد. واكتشف ج - د. كاسيني J. –D.Cassini التابع « جابيت » Japet سنة 1671 ثم « ريها » Rhéa سنة 1672، دون ان تتوفر له آلة متفوقة على آلة هويجن (اكتشف كاسيني Cassini ايضاً تابعين آخرين لساتورن : تيتيس Téthys وديوني Dioné في أذار سنة 1684) .

ولكن مميزات هويجن كراصد اخذت كل امتيازها سنة 1656 عندما اوضح سر « الكوكب السيار ذي الاجسام الثلاثة »،أو « الكوكب المثلث» كما قال غاليلي. ورأى هويجن ووصف بدقة « الحلقة ». لقد اختفت هذه بسنة 1655، ولكن هويجن استطاع ان يتبع عودتها البطيئة المتتالية. صحيح انه اتخذ « الحيطة » باخفاء المعنى الحقيقي لاكتشافه بشكل جناس تصحيفي :

AAAAAA CCCCC DEEEEEG H III IIII LLLL MM NNN NNN NNN OOOO PP Q RRS TTTTT UUUUU (O

(مذكرته : ساتورنو لونا نوفا، Saturni luna observatio nova، 1656)

ولكنه، في سنة 1659 وفي كتابه « سيستما ساتورنيوم» Systema Saturnium اعطى التفسير : حلقة رقيقة، سطح بدون تماسك، منحدر فوق المدار.

وتوقع ايضاً اختفاء هذا الشيء الغريب (معلناً حصوله في تموز آب 1671، بدلاً من ايار) وفسر بدقة هذه الاختفاءات الدورية : عندما تكون الشمس والارض ، على التوالي في سطح الدائرة او الحلقة ، تعمل رقة الشيء ، وانعدام الظل المحمول على حجبه عن نظرنا .

ان ميزة هذا الاكتشاف ، وميزة تفسيره الصحيح يجب ان لا يقلّل من قيمتها : فلم يعرف اي شيءٍ مشابه ، ونعرف ان شيئاً مماثلاً لم يكتشف بعد ذلك. الا ان هويجن بالذات يلاحظ : « اذا كان المراقبون السابقون قد استعملوا مناظير اكبر ومجهزة بعدسات افضل، فانهم من غير شك على الاطلاق، كانوا قد رأوا نفس الاشياء التي رأيناها سنة 1655، وكذلك في 13 تشرين اول من السنة التالية » (سيستما ساتورنيوم Systema Saturnium، 1659) .

ان الترابط المتين بين تقدم آلات الرصد والقياس وتقدم العلم بالذات، وهي فكرة عادية اليوم، بدت تحت قلم هويجن، مؤشراً على عصريته. وقد ساهم ايضاً في تحقيق نفس الفكرة، حين قدم في 16 حزيران 1657 عمله حول الساعة ذات الرقاص : وسوف تلعب هذه الآلة دوراً اساسياً عندما سوف تصبح القياسات الطولية الدقيقة ممكنة .

في الوقت الذي انشأ فيه لويس الرابع عشر اكاديمية العلوم واسس مرصد باريس، استدعي هويجن الى باريس من قبل كولبير Colbert. وعرف فيها بيكار Picard، أوزو Auzout، وكاسيني

Cassini. ولكنه اضطر ان يقطع علاقاته بفرنسا قبل نقض مرسوم نانت Nantes. وعاد الى هولندا ، فكرس بقية حياته في بناء الآت البصريات ، بمساعدة اخيه .

المنظار آلة قياس - بعد اختراع الناظور بمدة طويلة ظلت العضادات Alidades ذات الوريقات مستعملة كأدوات وحيدة لقياس الزوايا. وجمع هفليوس Hevelius ملاحظات المواقع الحاصلة بالعين المجردة والتي لم تكن ذات فائدة كبيرة: لقد استخرج كبلر كل ما يمكن استخراجه من القياسات الممتازة التي حصلها تيكوبراهي Tycho Brahé. ربما كان الرصاد روتينيين جداً ، وكان ينقصهم الخيال الميكانيكي. ويمكن الظن ايضاً ان جذب الجديدات، والمظاهر التي تفوق التصور في السماء كانت تكفي لاجتذاب الانتباه .

وربما كان جان باتيست موران Jean – Baptiste Morin هو اول من فكر في ان يزود الناظور بدائرة مقسمة. ولكن ناظور موران لم يكن مزوداً بشبكة : واذا لم يكن خط التصويب محدداً

في كانون الاول 1666 قدم آدريان اوزو Adrien Auzout الوصف الكامل لميكرومتر ذي برغي مزود بخيوط ثابتة وبخيوط متحركة . وفي السنة التالية : « الاسلوب الصحيح لاخذ قطر الكواكب، والمسافة بين الكواكب الصغيرة، ومسافة الامكنة الخ . ولكن المداخلة التي اجراها حول هذا الموضوع في « الجمعية الملكية » في لندن في 28 كانون الاول 1667 ، اشارت الى القياسات حول الثريا ، والتي تمت بالاستعانة بالميكرومتر من قبل كرابتري Crabtree (1619 ـ 1644). ويبدو انه من الممكن ان تكون اعمال غاسكوانيه Gascoigne وكرابتري Crabtree، وحتى اعمال الشاب هوروك Horrocks، الذي سبق وورد ذكره بمناسبة الحديث عن مرور الزهرة - مجهولة من جراء الاضطرابات التي خضت انكلترا في تلك الحقبة من تاريخها .

ومهما يكن من امر، فان تعميم استعمال الميكرومتر بحسب التقنيات التي وضعها اوزو [1] Auzout حصل سنة 1666 .

وسرعان ما قام جان بيكار Jean Picard (1620 ـ 1682) الذي كان رئيس علم الفلك الفرنسي ، قبل مجيء كاسيني ، بتركيب ناظور ذي شبيكة بصرية فوق ربع الدائرة (ذات شعاع 1,03 م) استعمله لكي يقيس الدرجة الأرضية . وقد تم هذا القياس الشهير بحسب أسلوب الزوايا المثلثة الذي وضعه سنيليوس : Snellius .

وجرى قياس ثلاثة عشر مثلثاً بين سوردون Sourdon، قرب اميان Amiens ومالفوازين

(1) نعثر على تفصيلات حول هذا الخصام على الاسبقية في دانجون Danjon وكودر Couder : نواظير وتلسكوبات، ص 627 – 629؛ وعند هنري رينان Henri Renan . الميكرومتر الجديد المسجل للدائرة الهاجرية (Meridien) في بستان مرصد باريس. (حوليات مرصد باريس، مجلد 26، وفي الاطروحة المسحوبة التي وضعها ر. مك ـ كون R.Mc. Keon، باريس، 1965).

Malvoisine ، قرب باريس. ان القوس "55′22°1 يعادل 850 78 قامة أي ما يعادل 57060 قامة بالدرجة . وسوف نرى كيف أن هذه النتيجة ، وهي تصحح التقديرات القديمة ، أفادت نيوتن .

واصبحت العناصر المختلفة لصنع آلةٍ لرصد المرور متجمعة. وفهم بيكار Picard هذا، كما فهم اهمية القياسات ذات الدقة المتناهية. وكان سابقاً لزمانه، فآلى على نفسه قياس زاوية الاختلاف للنجمة α من النسر الواقع . ولم يكن بالتأكيد ليقدر على ذلك . ولكن مبادرة أخرى من مبادراته تستحق ان تذكر: فبعد ان استكمل الفلكي الدانزيكي جان هيكر Jean Hecker وضع جداوله الفلكية سنة 1680، اقترح بيكار سنة 1679، حساب « معرفة الازمنة او الحركات السماوية »؛ ووضع بيكار السنوات الخمس الأولى؛ وخلفه لوفڤر Le Fèvre حتى سنة 1702، واعتاد ان يقدم الكتاب كل سنة الى الملك.

ومات بيكار قبل انهاء اول آلة الهاجرة (نصف النهار) في مرصد باريس وهي قطاع حائطي وضع قبالة البرج الغربي من المرصد من قبل ف. دي لاهير Ph. de la Hire. ولكن بعد ذلك الحين، اصبح تقدم عالم الفلك مرتبطاً بتنظيم المراصد الكبرى .

المراصد الكبرى ـ تمّ تأسيس مرصد باريس بناء على قرار من لويس الرابع عشر سنة 1667. ومن اجل مقارنة الرصودات والقياسات الجارية في باريس، برصودات وقياسات تيكو براهي، ارسل بيكار الى الدانمرك، بمهمة اعادة القياسات من موقع اورانيبورغ Uraniborg، حيث المرصد الشهير، مرصد تيكو. وكانت رحلة مثمرة حقاً : بين بيكار ان القياسات الهاجرية (خطنصف النهار) التي وضعها تيكو يجب ان يدخل عليها تصحيح مقداره (′18)؛ ودون ان ينتبه للامر، اثبت ظاهرة الانحراف [1]: « يقول بيكار : ان النجم القطبي يتعرض لتغييرات لم يلاحظها تيكو، وانا ارصدها منذ عشر سنوات » (1672). واخيراً، وليس هذا بالنتيجة الاقل لرحلته ، عاد بيكار الى باريس وبرفقته فلكي شاب سوف يكون مشهوراً هو اولوس رومر Olaus Romer. وهكذا تكونت مدرسة باريس الفلكية من بيكار، وأوزو Auzout، وررومر Romer وهويجن. وبعد 1669، ضمت هذه المدرسة كاسيني Cassini الذي سوف يصبح رئيسها .

ولد جان دومينيك كاسيني Jean – Dominique Cassini في كونتية نيس سنة 1625، وعلم بعد 1650 الرياضيات وعلم الفلك في جامعة بولونيا. وفي هذا المكان، استلم، سنة 1669، طلب لويس الرابع عشر اليه لينضم الى العلماء في اكاديميته الجديدة للعلوم (واعطي الجنسية الفرنسية سنة 1673). وقد سبقت الاشارة الى اكتشافاته لتوابع زحل ؛ وفي سنة 1666، حصل على تقدير جيد لدوران المرّيخ (24س 40د بدلاً من 24س37 د). وفي باريس سنة 1675 اكتشف انفصال حلقة زحل الى قسمين (وحمل الاكتشاف اسمه فقيل قسمة كاسيني للدلالة على هذه الفرجة بين الحلقات) .

---

(1) أنظر لاحقاً « معرفة النظام الشمسي » .

ووضع جداول دقيقة لتوابع المشتري، وطلب الى رومر ان يتثبت منها. ولكن هذا وجد تأخيراً او تقدماً منهجياً في كسوفات هذه التوابع، بحسب ما اذا كان المشتري متصلاً أو مقابلاً. والى رومر وحده يعود الفضل في التأويل الصحيح لهذا الفارق في التوقعات: ان الفارق الشامل (22 د بحسب قياساته بدلاً من 16 بحسب القياس الحديث) يمثل ضعفي الوقت الذي يضعه النور ليجتاز المسافة من الشمس الى الارض. ومذكرة رومر Romer حول سرعة النور يعود تاريخها الى 22 تشرين الثاني 1675، كما تذكر ذلك في مرصد باريس لوحة تذكارية عن هذا الاكتشاف الذي يعتبر مرحلة جديدة في دراستنا للعالم الفيزيائي.

اما تأسيس مرصد غرينتش فله نشأة مختلفة تماماً. فقد قرر الملك شارل الثاني، بناء على اقتراح جون فلامستيد John Flamsteed (1646 ـ 1719)، الذي استشير حول مشروع يتعلق بقياس خطوط الطول في البحر، تأسيس مرصد، وعين فلامستيد فلكياً ملكياً (مع راتب قدره (100)ليرة في السنة) بهدف القيام بكل رصد مفيد للملاحة ولعلم الفلك. وقد جاءت الملاحة قبل الفلك، مما يفسر اختيار الموقع، في ساحة غرينتش، المشرفة على مصب نهر التايمس. وكانت فكرة فلامستيد كما يلي: تنظيم جدول بالنجوم مع الاستعانة بقياسات الناظور لتحسين النتائج التي حصل عليها تيكو Tycho؛ ثم الحصول على جداول صحيحة عن القمر؛ ذلك ان تنقل هذا الكوكب السيار فوق سطح كرة الثوابت يشكل علامة بالنسبة الى البحارة، فيتيح لهم، بعد معرفة ساعة لندن، كيف يقدرون خط الطول الذي هم فيه. ولم يمتلك فلامستيد آلة مرضية الا بعد 1689، ومن هنا قلة عجلته في نشر النتائج التي حصل عليها، وهذا البطء جلب له عداوة نيوتن. ونفهم عجلة هذا الاخير لمعرفة ما اذا كانت رصائد القمر تؤكد وتثبت النظرية المرتكزة على معطيات اقل دقة.

ويجب قرن اسم فلامستيد Flamesteed باسم خليفته المستقبلي ادمون هالي Edmund Halley (1656ـ 1742) الذي كان استاذ الجيومتريا في اوكسفورد. وكان صديقاً لنيوتن، فالح على هذا الاخير حتى ينشر « المبادىء »، وهذا يكفي لبيان فضله. ولكن اسمه اشتهر باسم المذنب الذي رُئي في سنة 1681 ـ 1682 قبل مروره وبعد مروره في مركزه الاقرب الى الشمس وقدم عناصر مساعدة جداً للحسابات. وحسب مداره، ثم بعد ان عرف ان نفس المذنب قد درس سابقاً، استطاع ان يتنبأ بعودته في سنة 1758[1]. واخيراً درس هالي المغناطيسية الارضية، وبهذا الشأن، قام برحلة الى نصف الكرة الجنوبي، حاملاً عند عودته ارصاداً فلكية ثمينة حول قسم من السماء غير معروف بصورة جيدة.

III ـ الانجازات الفلكية التي حققها نيوتن

تعتبر اعمال نيوتن تتويجاً ونهاية للعمل الفكلي في القرن السابع عشر، وهي تتجاوز اطار علم الفلك كما تتجاوز اطار الميكانيك. والرجل الذي قال « اذا كنت قد رأيت ابعد من الاخرين،

(1) حول هذا الموضوع انظر فصل « معرفة النظام الشمسي ».

فذلك لأني صعدت فوق اكتاف العمالقة ». هذا الرجل هو احد المنارات في الفكر البشري التي تُعتبر معالم التاريخ. واشعاعه لا يمكن ان يحد بفصل واحد من فصول العلم.

ولد في ولستورب ، في لينكولن شاير Lincolnshire، في انكلترا، في الخامس والعشرين من شهر كانون الاول سنة 1642 (نمط قديم) . اهتم نيوتن بالرياضيات اولاً ، في جامعة كامبردج حيث دخل اليها سنة 1661. وقد اجبرته سنوات الطاعون الكبير (1665 – 1666) الى العزلة المطلقة في بلده الام . هذه السنوات اتاحت له ان يشرع بحماس في تكوين عمل حياته[1] .

اذا كانت افكار نيوتن هي ثمرة تأمل عميق ومنعزل، فاننا نفهم بصورة افضل مدأها اذا ذكرنا كيف كان سابقوه وبخاصة كبلر يطرحون مسألة الجاذبية الارضية والجذب الكوني.

اثبت آ. كويري A.Koyré انه اذا كانت الجاذبية الارضية، والجاذبية الكونية تبدوان لنا مرتبطتين، ان هذه الشراكة الطبيعية لم تكن تبدو كذلك لرجال القرن السابع عشر ولا لنيوتن ايضاً : ان الجاذبية الارضية ملموسة مباشرة اما الجذب الكوني فهو عمل من بعيد، لا يمكن ان يوجد الا بين اجسام توصف بانها متشابهة .

يصرح كبلر في كتابه استرونوميانوفا، 1609، ان الجذب المتبادل بين الاجسام ذات الوزن هو اساس نظرية الجاذبية الارضية ، وان هذا الجذب يتناسب مع الضخامة او جرم الاجسام . ولكن هذا الجذب المتبادل يبدو له ممكناً فقط بين اجسام من ذات العائلة ، مثل الارض والقمر، لا بين الارض والكواكب، وبصورة خاصة لا بين الشمس والكواكب الاخرى: ان الشمس هي ذات مفعول محرك (كان كبلر يجهل مبدأ الجمود ومبدأ استمرارية الحركة في نظره كان يقتضي وجود قوة ذات منشأ مغناطيسي او شبه مغناطيسي) .

اما مفهوم الجذب الذي يقتضي فعلاً من بعيد، فقد انكره ج.آ. بوريلي G.A. Borelli (1608 ـ 1679): ولكن كتابه تيوريكامديسا. . . (فلورنسا 1666) يشير الى قانون الجمود. والحركة الدائرية بين الكواكب تجر وراءها وجود قوة نابذة يجب ان تعادل القوى الجاذبة .

ويقتضي قانون الجمود ايضاً ان يكون الفضاء لا متناهياً ومتجانساً . وهنا يصيب بوريلي الهدف تقريباً. ولكنه لا يصل اليه لانه يرفض فكرة الجذب لان معارفه الرياضية الناقصة لا تسمح له بان يستمد كل النتائج . بعد ان ذكرنا بايجاز ماهية افكار العلماء في القرن السابع عشر حول مسألة ميكانيك السماء ، عندها تتجلى اصالة فكر نيوتن وطريقته ضمن اطارها. وبدون ان يعرف، على ما يبدو، أفكار بوريلي، وضع معتصم ولستورب Woolsthorpe بصورة كاملة حساب القوى النابذة. واستخرج

(1) قال سنة 1714 عن هذه الحقبة : كنت يومئذٍ في اوج قوتي الخلاقة ، وكنت مولعاً بالفلسفة بشكل لم يتح لي فيما بعد. (ذكره آ. كويري) .

من حركة الكواكب ماهية زخم القوى الجاذبة التي تعادل القوى النابذة ، من اجل الاحتفاظ بشكل دائم ، بالكواكب في مداراتها .

وهكذا وجد ان الشمس تجذب الكواكب بمعدل عكسي لمربع المسافة بينها. فضلاً عن ذلك بعد ان قارن جذب الارض للقمر، وقوة الجاذبية التي تهبط بالاجسام فوق سطح الارض، استطاع ان يحدد بشكل عام ماهية هاتين القوتين .

ومهما بدا هذا العمل عبقرياً ، يبقى انه غير كامل، ولم تخف هذه الصفة على نيوتن الذي لم يشأ ان يعلنها : وبالفعل وضع قانون الجذب على اساس عكس مربع المسافة، مفترضاً ان حركة الكواكب دائرية. ومن جهة اخرى ان المقارنة الدقيقة بين الجاذبية الارضية والجذب السماوي يتطلب معرفة قانون جذب شيء (الجسم الثقيل) من قبل كرة ملآنة، (الارض). وكان من الواجب ايضاً، وان كان هذا اقل اهمية ، الحصول على قياسات دقيقة حول زخم الجاذبية، وحول شعاع الارض .

واخذ فكر نيوتن يتصاعد ببطء، ضمن هذا المجال من الميكانيك، وبذات الوقت اخذ يطوق اعماله حول البصريات. في هذه الاثناء اخذ يتمثل تدريجياً كتاب هويجن (تأرجح الرقاص، 1673). وحملته المناظرات مع هوك (1635– 1703) الى استعادة مجمل الموضوع، وفي كتابه الذي صدر سنة 1674 بعنوان: « محاولة لاثبات حركة الأرض»... اعتمد هوك بصورة نهائية قانون الجمود، واعاد النظر بفكرة الجذب المتبادل بين الكواكب والشمس دون ان يستطيع التوصل الى قانون الجذب.

وفي سنة 1680 عاود نيوتن النظر في تفسير حركة الكواكب، ولكنه هذه المرة اعتبر الحركة بيضاوية ،وانها مسببة،بفعل قوة مركزية، الجذب من قبل الشمس على الحركة المستقيمة التي تحدث بفعل الجمود فقط. وعندها برزت امام عينه نتيجتان اساسيتان، وفي الحال:

1 ـ كل حركة خاضعة لقوة وحيدة ومركزية تخضع الى قانون المساحات (القانون الثاني عند كبلر) .

2 ـ اذا كان الفعل المركزي متناسباً عكسياً مع مربع المسافة، فان المسار هو مخروط، احدى بؤره تقع في مركز الجذب. (القانون الاول عند كبلر) .

وبين ايضاً ان قوانين كبلر تؤدي، عكسياً الى القول بان قوة الجذب تتجه نحو المركز وان زخمها يتناسب عكسياً مع مربع المسافة. واخيراً جر قانون الجذب هذا قانوناً ثالثاً (الهرمونيك = الانسجام)..

وبعد 1684 اعلن نيوتن، في كتيب اسمه الدافع = ديموتو De motu ، قدمه هالي الى الجمعية الملكية ، مجمل هذه النتائج . ولكن كان هناك حلقة أساسية ناقصة في هذا البناء . وفي سنة 1685 فقط استطاع ان يحكم السبك فقال: من اجل جذب يتناسب عكسياً مع مربع المسافة، ومن اجل قانون الجذب هذا فقط، يساوي جذب جسم من قبل كرة ملآنة ، الجذب الذي تحدثه كل ماهية الكرة اي جرمها المتمركز في مركزها .

ولكي يثبت نيوتون ذلك توجب عليه ان يستكمل، بل ان يوجد اداة جديدة-رياضية سماها حساب التدفقات، وهو اساس الحساب التفاضلي وحساب التكامل.

وفي سنة 1685 انهى نيوتن كتابه الرئيسي: القلسفات الطبيعية مبادىء الرياضيات. وبدات الوقت اتاحت اعمال هويجن (حول قياس تسارع الجاذبية الارضية) واعمال بيكار Picard (حول قياس شعاع الارض) اتاحت لنيوتن ان يكمل المقارنة الفعلية لقوى الجاذبية الارضية والجذب الكوني. واخيراً ظهر العمل الذي سجل احدى ذرى تاريخ الفكر البشري، وذلك سنة 1687. وقد دلت على اهميته مجموعة اعمال خلفاء نيوتن .في الفلك سوف يكون العمل الكامل تقريباً في القرن الثامن عشر، مرتكزاً على نتائج قانون الجذب الكوني.

ولن ننهي هذا الفصل بدون التذكير بان عمل نيوتن في البصريات ، قدم ايضاً لعلم الفلك وسيلة جديدة للرصد هو التلسكوب ذو الانعكاس[1] كما قدم ايضاً وعداً بتطور عجيب: التحليل الطيفي للضوء ،تحليل لن يفهم معناه الا في القرن التاسع عشر.

من المنظار الى المراصد - وبين غاليليه ونيوتن فترة شباب علم الفلك الحديث، مع ما فيها من حماس واخطاء ايضاً، ولكن بنشاط وبمكاسب جعلت منها حقبة في تاريخ الاكتشاف الكوني .

ومن كبلر الى نيوتن مروراً بهويجن وبيكار Picard، نضج العلم الحديث. واهمية عمل نيوتن من الناحية النظرية يجب ان لا تنسينا العمل المزدوج الذي قام به رصاد مشهورون او مغمورون : فمن الممجد كاسيني Cassini، الى المغمور غولتيه دي لفاليت Gaultier de la Valette، هناك عمل جماعي قامت به مجموعة من الراصدين . لقد ارتدى العلم الاعرق حيوية جديدة. ويكفي اسم غاليليه لكي يذكر بان هذا العلم ظل اكبر محرر للعقل البشري. .

(1) هذه الالة التي شرحت نظريتها من قبل جيمس غريغوري James Gregory سنة 1663 انجزها تقريباً وبآن واحد، وباشكال متقاربة، كاسغرين Cassegrain ونيوتن. وقد قدم هذا الاخير آلته الى الجمعية الملكية في شباط 1672. والتطور اللاحق الذي اصاب التلسكوب سوف نستعرضه في المجلد الثالث عند درسنا لانجازات وليم هرشل William Herschel.

الفصل الرابع :

ولادة البصريات الرياضية

I ـ التقنيات التجريبية والنتائج الحاصلة

الادوات البصرية في بداية القرن السابع عشر ـ ارتبط التجديد الذي ظهر في تطور البصريات منذ بداية القرن السابع عشر، في معظمه، بالتقدم التقني، المتواضع والمغفل غالباً، الذي حققه صنع ادوات بصرية، وعدسات، ومجاهر (ميكروسكوب) ونواظير نجومية (فلكية)

ونشأة العدسات المخصصة للمناظير غير معروفة تقريباً . وفي بعض الاحيان يعزى اختراعها الى الفلورنسي سلفينو دجلي آرماتي Salvino degli Armati(1299) . والأغلب والأرجح أن نشأة صنع العدسات هي نشأة احترافية مغفلة، وهذه العدسات الزجاجية المحدبة ثم المقعرة او الجوفاء كانت تستعمل للحصول على مفاعيل تكبير ولتصحيح الرؤية . وحتى القرن الخامس عشر كان الاهتمام قليلاً جداً بدراسة عملية العدسات الزجاجية دراسة علمية .

وقد سبق ان بنى ليوناردا فنشي Léonard de Vinci غرفة مظلمة واخذ يقارن شغلها بشغل العين. ومن جهة اخرى، ومنذ القرن السادس عشر استعملت المرآة المقعرة كميكروسكوب (جيوفاني رونسلي 1523) واخيراً وحوالي 1550، وفي صقلية انجز ف. موروليكو F.Maurolico دراسة منهجية حول الموشورات وحول المرايا الكروية، وحول عملية الرؤية. وتدل اعماله التي لم تنشر الا في سنة 1611 على اعمال كبلر الذي بدا جاهلاً لها جهلاً تاماً .

واللامبالاة التي لاقى فيها الفيزيائيون العدسات الزجاجية، تعزى في معظمها الى الحذر الذي رافق النتائج الحاصلة على هذا الشكل. فقد كان العلماء يعتبرونها كالاعيب تحل الوهم والخيال محل الرؤية البسيطة والصحيحة .

وقد ظهر اول كتاب منهجي وانتشر بصورة واسعة، حول العدسات بقلم النابوليتاني ج. ب. ديلا بورتا G.B.Della Porta (السحر الطبيعي، طبعة 1589,2). وبدت العدسة او البويضة الزجاجية وكأنها تدخلت ايضاً في وصف الناظور ذي المعاين المنفرج. فضلاً عن ذلك، صنع في سنة 1590 اول منظار ذي معاين منفرج. ولكن صنع الادوات المماثلة تطور في هولندا بعد 1604.

وفي سنة 1610 لفت غاليليه Galilée الانتباه الى الإمكانات التي يمكن أن يقدمها الناظور ذي المعاين المنفرج . وباستخدام هذا الناظور لرصد الظاهرات السماوية ، أثبت غاليليه وجود توابع المشتري ومع ذلك فالنتائج الحاصلة على هذا الشكل كانت موضوع نزاع بين غالبية الفيزيائيين . فحتى كبلر نفسه وقف محجماً تجاهها في بادىء الامر ، ولكن بعد ايلول 1610 أيد بصورة رسمية صحة تجارب غاليليه . وفي كتابه ديوبتريس Dioptrice ، المنشور سنة 1611 طور كبلر علماً بصرياً جيومترياً للعدسات وللناظور النجومي الذي وضعه غاليليه ، كما طور آلة التصوير من بعد . واتاح استعمال الحواجب ، حين ضيق على الرزمات الضوئية ، وخصرها بالأشعة المركزية ، اقامة توافق تناظري بين نقطة الصورة ونقطة الشيء . واخيراً بدا ان الشكوك التي كانت تحيط باستعمال العدسات وبصورة خاصة الناظور النجومي قد زالت فتحسين الناظور اتاح تقدماً ضخماً ومباشراً في مجال علم الفلك وعلم البصريات .

تقدم التقنيات الآلاتية : الناظور النجومي والمجهر او الميكروسكوب ـ رغم اشتهار اكتشافات غاليليه ظلت نماذج النواظير النجومية نادرة . وظل بناء هذه الالات صعباً . فقد كان بناؤها مقصوراً على الشخصيات العلمية او علماء البصريات المشهورين مثل ديكارت Descartes وهوك Hooke وهويجن Huygens الذين لم يكونوا يأنفون من صنعها بايديهم ، رغم دقة هذا الصنع .

وكانت النواظير الاولى النجومية مكونة من عدسات محاطة بانابيب من كرتون تنزلق بعضها فوق بعض . ولكنها استبدلت سريعاً بانابيب من نحاس اصفر . الا ان زيادة قوة هذه المعدات كان يقتضي زيادة في المسافة البؤرية للعدسات وبالتالي زيادة في طول الانابيب . ووجد هويجن حلاً لهذه المسألة حين استبدل انبوب الناظور النجومي بحاملة صلبة . وبعدها اقتصرت الصعوبات على صنع الزجاجات . وفي 1660 تقريباً مكن تقدم الصقل الزجاجي من الحصول على عدسات مكبرة جداً .

ويبدو من الطبيعي جداً تطبيق مبدأ المنظار النجومي في بناء العدسات الامر الذي مكن من مشاهدة الاشياء الصغيرة . والواقع ان التفريق الواضح بين الميكروسكوب والمنظار لم يحصل الا بصورة تدريجية . ففي بداية الامر بدا ان ذات النظام البصري قد استخدم لعدة غايات بعد ادخال تعديلات تفصيلية .

وظهرت المجاهر الاولى حوالي 1615 ، ولكنها ظلت خلال النصف الاول من القرن السابع عشر في حالة النماذج النادرة . وكان اشهرها هو ميكروسكوب ديكارت الشهير ذو العدسة الشديدة التحدب . واقترن صنع المجاهر بصعوبات اكبر من الصعوبات التي اعترضت بناء العدسات : فسوء نوعية الزجاج كان يتعارض مع وضوح الصورة . والزيغ التلويني لم يكن يعطي الا نتائج مشوشة لم تكن تشجع الصناع على تكثيف صناعة قليلة المردود . وظهرت اول دراسة ميكروسكوبية حقه حوالي 1660فقط ، في كتابات هوك Hooke (ميكروغرافيا ، لندن 1665) ، ثم تلاه سومردام Swammerdam وملبيجي Malpighi واخيراً ليوفهوك Leeuwenhook . وكانت فائدة

الملاحظات المحققة بواسطة الميكروسكوب قد بدت بعد ذلك اكيدة. وفي اواخر القرن السابع عشر انتشر صنع هذه المعدات انتشاراً كبيراً .

وبدت المجاهر البسيطة (اي المصنوعة من عدسة واحدة) وكأنها اعطت نتائج مرضية في تلك الحقبة. واستخدم ليونهوك . Leeuwenhook مجاهر بسيطة ذات حجم بسيط. واصبح هذا النوع من الالات شائعاً خلال السنوات الاخيرة من القرن السابع عشر. واضيفت اليه توابع تسهل استعماله مثل الحمالات المتحركة، والمسطبة التي تدور في مكانها. واستخدمت ايضاً كرات زجاجية صغيرة جداً لتحل محل العدسات الصغيرة التي كان استعمالها صعباً للغاية .

ومن جهة اخرى ومنذ منتصف القرن السابع عشر تم صنع مجاهر معقدة. فقد صنع الاخوان هويجن في تلك الحقبة مجاهر ذات ثلاث زجاجات. العدسة التي تلي الهدف او الهادفة والعدسة التي تلي العين او المعاين والعدسة الوسيطة او الحقلية. وكانت هذه العدسات مغروسة ضمن انبوبين جرارين . واجرى هوك Hooke ملاحظاته بواسطة مجاهر مركبة من هذا النوع، تتضمن عدة انابيب انزلاقية ميالة. وكانت قوة التكبير فيها تتراوح بين 30 و40 مرة.

وادخلت تحسينات مهمة، وبصورة تدرجية في صنع المجاهر المركبة. وفي سنة 1668 استعمل معاين مكون من عدستين كل واحدة منها مسطحة من جهة ومحدودبة من الجهة الاخرى. وفي اواخر القرن السابع عشر توصل الصناع الى صنع مجاهر ذات مفصل دائري يسمح بميل الحامل وتدويره في كل الاتجاهات. وصنع ايضاً مجاهر ذات لولب استرجاعي ثم ذات لولب ميكرومتري بحيث يسهل التصويب وهذا كان امراً شاقاً ودقيقاً . وقد عرف من ذلك الحين مجهر وحيد ذو معاين مزدوج اي ذو انبوبين. وقد صنع سنة 1722 بناء على توجيهات الاب شاروبين Chérubin .

المعطيات التجريبية في أواخر القرن السادس عشر- منذ العصور القديمة كانت خصائص الاشعة الضوئية معروفة من حيث النوعية : انتشار مستقيم، ارتداد وانكسار. وبصورة مبكرة استخدمت خصائص العدسات والمرايا الكروية، وكذلك ظاهرات تشتت الضوء عن طريق الموشور. وقد وصف اقليدس هذه التجارب في كتابه كاتوتريك كما وصفها بطليموس Ptolémeé وداميانوس Damianus في كتاب أوبتيكا (راجع المجلد 1، القسم 2 ، الكتاب 2 ، الفصل 2) . ولكن للاسف لم تكن هذه المعلومات غير الدقيقة تسمح بالحصول على أي تبسيط للمعطيات التجريبية وبالتالي لم تكن تسمح بأي نتيجة كمية .

هذا الفشل امتد حتى ان ابن الهيثم اقترح في مطلع القرن الحادي عشر تفسيراً ميكانيكياً لانعكاس النور على المرايا المسطحة والكروية (راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 2) .

وشرع في تفسير مثير لانحراف الضوء الا انه لم يصل به الى اي استنتاج واضح .

وفي بداية القرن الثالث عشر ظهرت معالم نوع من التجريد التجريبي. وتكاثرت التجارب

واستخدمت الغرف المظلمة والموشورات والعدسات والمرايا من كل الانواع. ومع ذلك واذا كان استخدام العدسات شائعاً فإن كيفية عملها ظل غامضاً. لا شك أن باكون Bacon شرح البناء الهندسي لنقطة الاشتعال الحاصلة من جراء عدسة محدودبة منارة باشعة الشمس. وعلى كل حال ظل القانون العام للظاهرة غير معروف (راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 8) .

وفي سنة 1593 حاول ديلا بورتا Della Porta ان يفسر انحراف الضوء في وسط محدد بسطح مسطح (ديرفراكسيونه) De refractione واصطدم بصعوبات ضخمة سببها عدم وضوح المعلومات لديه، وخاصة اوالية الرؤية التي استخدمها. وحتى بداية القرن السابع عشر بدا وكان الفيزياء التجزيبية لم تكن تعرف كيف تطرح بشكل صحيح المسائل التي كانت تهمها، مع اشتباهها ببعض السنمات في حلول كان يمكن ان تستعمل في هذه المسائل.

التقدم المحقق في التقنيات التجريبية وفي تفسير النتائج الحاصلة ـ استطاع كبلر ان يحرر من التجربة العناصر الاساسية التي سوف تستخدم لتوضيح قوانين علم البصريات الهندسي.

وفي كتابه المسمى « فيتيليونم. . . AD. Vitellionem 1604 » عدد في بضعة احكام ومقترحات المبادىء التي تسود انتشار الضوء المستقيم ، ثم اقترح نظرية للصور الحاصلة عن طريق الانعكاس وعن طريق الانكسار. كانت نظرية حديثة من حيث الاستنتاجات التي تؤخذ منها وخاصة من حيث الافكار التي تستخدمها: في كل نقطة هدف من الممكن ان نجد لها نظيراً في نقطة صورة. وهذه الصورة قد تكون خيالية وتخيلية، اذا كان الشعاع الذي يتلقاه الناظر قد كُسِر من قبل بفعل انعكاس او انحراف؛ وعندها تبنى الصورة في الامتداد المستقيم للاشعة المرتدة فعلاً الى الناظر. ومع ذلك ، ورغم دراسة مفصلة لظاهرات الانكسار، لم يتوصل كبلر الى استخراج القانون الصحيح. الا انه لاحظ نسبية زوايا الانحراف والانعكاس بالنسبة الى الانعكاسات الضعيفة. والمسألة وأن لم تحل الا انها طرحت طرحاً سليماً وصحيحاً .

واستطاع كبلر باستعمال مناهج مماثلة ان يفسر تفسيراً صحيحاً عملية الرؤية. ولهذا فقد فضل وظيفة العين وهي اداة البصر، عن تدخل الناظر تدخلاً معقداً . وبفصل مسألة الابصار عن مسألة الفيزيولوجيا المقترنة بها دائماً ، استطاع ان يوضح دور الحجاب ودور الشاشة اللذين يلعبهما بؤبؤ الشبكية . وبين اخيراً كيف يمكن للبس النظرات ان يصحح انحرافات الرؤية .

وقد توصل كبلر الى استخراج المبادىء التي تسمح بقيام علم البصريات الهندسي دون ان يتوصل الى ايضاح قوانينه بشكل جازم .

والتعبير الصحيح عن قانون الانكسار او الانحراف يبدو انه قد وجد ـ ولكنه لم ينشر ـ من قبل ولبرورد سنل Willebrord Snell (سنيليوس Snellius)، (1580-1626) . وأعلنه اسحاق فوس Isaac Voss (1618 – 1689) لاول مرة، ولكن بشكل تجريبي خالص. « ان الطريق المقطوعة في

نفس الوقت وفي الوسطين هي ذات نسبة ثابتة تعادل نسبة الكوسيكانت في الزاويتين (الكوسيكانت = قاطع التمام ، والسينوس يعني الجيب) » .

ولم يشر ديكارت، في ديوبتريك الذي نشره سنة 1637 كملحق لكتاب خطاب المنهج ، الى عمل فوس Voss ، ووضع نسبة السينوسات مكان نسبة الكوسيكانتات . هذا القانون قد يكون موضوع تبيين مرتكز على مبادىء الميكانيك. في البداية درس ديكارت انعكاس الضوء فوق سطح مسطح وقارن هذه الظاهرة بقفزة طابة مطاطة. وجره تحليل السرعة الى مكونات عامودية وافقية الى استنتاج سليم: ان زوايا السقوط والانعكاس متساوية . واستعملت طريقة مماثلة في انكسار الضوء عبر سطح مسطح : اذا كانت الاوساط شفافة فانها تترك جزيئات الضوء تمر مع تغيير المكون العامودي لسرعتها، وعندها نحصل على قانون السينوسات .

وانتقد فرمات بشكل ذكي طريقة ديكارت. وجاء اعتراضه الاكثر خطورة ناتجاً عن كون التبيين الديكارتي يفترض وجوب الفرضية اللامعقولة والقاضية بان النور ينتشر ببطء في الهواء اكثر منه في الماء او في الاجسام ذات الوزن الاكبر. ورغم ما في هذا الافتراض من مغالطة ظن فرمات اولا انه « من غير المجدي البحث عن افتراض آخر لان الطبيعة نفسها تفسر نفسها بوضوح لصالحه ». ومع ذلك فقد توصل مسترشداً بمبدئه حول الحد الاقصى او الزمن الاقل، الى تبيين قانون السينوسات، مفترضاً ، بالعكس انتشاراً ابطأ في الاوساط الاكثر وزناً . وهكذا ثبّت علم البصريات الهندسية مبادئه التي اكملها اكتشاف الانكسار المزدوج الذي قام به برثولين Bartholin وهويجن كما اكملته الدراسة النيوتونية لظاهرات التشتت او التوزع.

ومن جهة اخرى، وبخلال النصف الثاني من القرن اكتسب علم البصريات الفيزيائية اهمية متزايدة. وامن التقدم التجريبي المعزو الى استكمال الاجهزة ملاحظات أفضل سهلت بدورها التقنيات التجريبية . وأتاحت فرضيات العمل الاكثر تماسكاً اختيار العناصر ذات المعنى من بين جملة الملاحظات الممكنة. وفي سنة 1665 اثبت غريمالدي Grimaldi في كتابه ديلومين ظاهرات زيغان الضوء او انحرافه . وبذات الوقت عملت تجارب نيوتن على الشفرات الرقيقة، وتجارب هوك Hooke وهويجن حول حصول التداخلات على اغناء المعطيات التجريبية بشكل غير متوقع. وأتاح اخيراً تطور الحساب المتناهي الصغر تحديد علم بصريات رياضية حقة حاول ان يفسر مجمل هذه الظاهرات.

وبدا هذا التفسير ملتصقاً بفرضيات ممكنة الطرح حول طبيعة الضوء .

II ـ نظريات حول طبيعة الضوء

الارث النظري الذي جمع بخلال القرن السابع عشر : طبيعة الضوء ونظريات العناصر ـ سنداً للتراث الاقدم يعتبر النور جوهراً تشكل النار عنصره الاول. اما درجة المادية في هذا الجوهر فتبقى متغيرة الى اقصى حد،ودورها مضخم نوعاً ما والنور يمكن ان يكون الجوهر الوحيد المولد

لكل الاشياء ، جوهر تشكل تحولاته الالوان وتؤمن وحدة الفيزياء .-وهذا ما يكننا ان نعرفه، بمختلف الأشكال، من نظريات المدرسة الميليزية Milésienne (القرن السادس قبل المسيح) ومن فيزياء هيراقليت الايفيزي Héraclite d'Ephèse .

وبتواضع اكبر قد يشكل جوهر النار او جوهر النور واحداً من اربعة عناصر، وبعد الدمج مع الثلاثة الأخرى تشكل الالوان التي تميز الاشياء. هذه العقيدة التي قد تعود الى انبيدوكل Empédocle انتقلت في التراث الشعبي قبل ان تستخدم كطرح في الفيزياء الارسطية .

تشكل النار في نظر ارسطو النور في حالته النعتية. ولكن نور السماء هو نار مذوبة ومشوهة بالعناصر الاخرى. في الطبيعة لا يمكن ان نعرف النور الا بمظهر الالوان التي هي تشويه للنور.

ومن الناحية العملية تقتصر فيزياء ارسطو ، وبصورة فريدة تصوره للألوان ، على تطوير نظرية المظاهر. والمدرسة الرواقية Stoicienne بعد ان علقت او طعمت هذه التيارات بمفهوم العشق او اللطف خففت ايضاً من فعاليتها. اما التجديد السكولاستيكي، في القرون الوسطى، فقد اخترقته الاختلافات المنبعثة من النظرية الجسيمية التي قال بها ديموقريط او نظريات هيراقليط وافلطون، هذا التجديد المدرسي قدم، حول طبيعة النور جملة من المفاهيم المختلفة والمتناقضة في احيان كثيرة. لقد تراجع النور، وهو نسمة مادية ولكن شبه حية، ونارٌ مرئية متجددة بتأثيرات خرافية، الى الوأن، دون بحث في اوالية هذا التقهقر[1]

طبيعة الضوء والنظريات الجسيمية ـ كان المفهوم حول الطبيعة الجسيمية للضوء موجوداً منذ القديم كقدم نظرية الجوهر الفرد او العناصر، في الهند، وتساعد على ذلك النظريات المادية التي سبقت البراهمانية. لقد شكل اللون صفة اساسية في الذرات .

وكانت النظرية الذرية الاغريقية دائماً جوهرية. وبعد مضي مئة سنة من بداية الفيزياء الميليزية ، علم اناك ساكور Anaxagore ان كلّ صفة تشكل عناصر اصيلة ودقيقة وغير قابلة للتفكك، وهي الهوميوميريات Homéoméries » .

وانطلاقاً من هذه الذرية في الصفات اتجه تطور نظريات الضوء اتجاهين مختلفين تماماً : إمّا تلغى الاختلافات النوعية التي تظهر فيما بين الاجزاء التي لا تتجزأ (الهوميوميريات) Homéoméries . وتصبح خصائصها الوحيدة الاتساع والحركة. تلك هي ذرية ديموقريط Démocrite .

إمّا تجري محاولة إعادة تجميع هذه العناصر الأولية ضمن بناءات لا يمكن تفكيكها تشكل الأشياء الصغرى . وهذه هي ميزة فيزياء أبيقور Epicure [2]

---

(1) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل 8 .

(2) راجع أيضاً المجلد 1 ، القسم 2 ، الكتاب 1 ، الفصل 2 ، والكتاب 2 ، الفصل 2 .

وظهرت نظرية النور عند ديموقريط بمظهر عارٍ تماماً . فهي تدخل جسيميات مدورة غير قابلة للقسمة ، وعارية من كل خصوصية حسية . من جهة اخرى يدخل بين العين والشيء مائع ، هو بالمناسبة الهواء لان ديموقريط Démocrite لم يبحث في ابعد من ذلك . والنور لا يتألف من جوهر خصوصي، ولكنه ينتج عن عمل خصوصي . وهو يتوافق مع ندرة وتخفيف الهواء خفة تحدث وتنقل بافعال ميكانيكية كلها جسيمية .

ويبدو محتوى هذه النظرية غامضاً نوعاً ما مما يفسح في المجال امام العديد من البدائل التي تعزى الى التيارات الفلسفية التي كانت تعتري مؤلف النظرية . من ذلك ان أفلاطون يفترض ان الرؤية تنتج عن لقاء شعاع ينطلق من العين ويحمل جسيمات تصدر عن الاجسام . ووجود شعاع ينطلق من العين كان من الامور المقبولة من العصور القديمة وخاصة من فيثاغور . والنظريات الفيثاغورية وخاصة نظرية اقليدس ادت الى استنتاجات شرعية تماماً في مجال علم البصر الهندسي . وفي نظر افلاطون يتكون هذا الشعاع او النار الابصارية من جزيئات تصغر او تكبر عن الجسيمات التي تصدر عن الاشياء المادية . والاحساسات الضوئية ، والسواد والبياض ومختلف الالوان تنتج عن الابعاد النسبية للجسيمات المنبثقة عن الاشياء ، وعن الجزيئات المكونة للنار البصرية .

وتتجه نظرية ابيقور Epicure ، وقد بسطها فيما بعد لوكراس Lucrèce اتجاهاً مختلفاً تماماً : فسطح الاشياء يبعث بصوره دائمة جسيمات رقيقة وسريعة تجتاز الهواء محافظة على شكلها الجسماني ، المأخوذ عن الاجسام التي افرزتها . انها الامثال او الاشباه او الصور التي تحدث الابصار عندما تلتقي بالعين .

هذه النظرية الابيقورية في الضوء ليست علمية على الاطلاق . فهي بترذيلها للتجربة ، وبقصرها الابصار على الاشياء الصغيرة اكتفت بتزويد الاشياء بامكانية الانتقال السري الخفي دون ان تحاول تحليل المعطيات المباشرة للتجربة .

وفي القرن الحادي عشر ، وبفضل ابن الهيثم Al hazen ، ثم في القرن الثاني عشر والثالث عشر نشأت بتواضع شديد ، نظريات ذات منحى علمي نوعاً ما . هذه المحاولات الاستقلالية ظلت لا اتباع لها ، وقبل عصر النهضة ، استمرت اكثرية النظريات الجسمانية للضوء تتفاعل بحسب مبادىء ارسطو .

وحتى نهاية القرن السادس عشر ظلت نظرية الضوء محكومة بمحاولات مثيرةً للاهتمام ، مثل محاولة ديبورتا De Porta ، ولكنها ظلت عاجزة ، عن طرح المسائل بشكل صحيح ، هذه المسائل التي تطرح نفسها ، كما عجزت عن تقديم حل دقيق واضح . وحتى مجيء كبلر بانجازاته ، جرت عدة محاولات ، ووصفت ، ولكنها فسرت تفسيراً سيئاً لانها كانت غير قابلة تقريباً للتفسير .

اراء حول طبيعة الضوء في مطلع القرن السابع عشر - في اواخر القرن 16 طرح موضوع طبيعة الضوء بعبارات تنم ، في معظمها ، عن تصوراتنا الحالية ، وفي غالبية كتب تلك الحقبة ، كان

الفيزيائيون كانما يسألون انفسهم هل الضوء جسم ام انه حركة جسم .

بالنسبة الينا، تبقى هذه الكلمات غامضة ومخيبة للامال قليلاً . واذن فنحن ميالون الى تفسيرها بالمعنى الذي يلائم اهتماماتنا، وبمقدار من الحماس كلما بدت قريبة اكثر من فيزيائنا الحديثة . فاذا كان الضوء جسماً ، اليس هذا هو اساس النظريات الجسمية ؟ واذا كان الضوء حركة جسم اليس في هذا بداية نظريات الاثير ؟ .

الا ان هـذا التنسيب يبقى في معظمه غير صحيح . فعند استعمال كلمة « جسم » ونعت « جسمي » يمكن ان نفهم ان الضوء هو من نفس طبيعة المادة، وانه يختلف عنها بالحجم او الابعاد. ولكن يمكن ان نعتبر ان الضوء هو جوهر ذو طبيعة خاصة بدون صفة مشتركة مع المادة، واذا لم تكن هذه الصفة بالذات حقيقةً جوهرية . ان هذا الرأي يوقع في كثير من الحيرة. ولكن عدم المادية بدا لمدة طويلة تعريفاً سلبياً خالصاً ولكنه فعال بالنسبة الى الاثير. والقول بان الضوء هو حقيقة جوهرية ، غير مادية، يوصل مباشرة الى هذا النوع من النظريات .

ومن جهة اخرى، ما هو القصد من القول بان الضوء حركة جسم ؟ قبل اعمال هـويجن حول الحركات التموجية ، كان يؤخذ بمفاهيم الضغط، والتمدد والتغيرات حول وضع وسط، تغيرات ما تزال تحتفظ بسمات منبثقة عن النظريات الجسمية . واخيراً كان يستعان غالباً بحركات اجمال السوائل ذات الطبيعة غير المحسوسة. هذه النظريات لم تكن تختلف كثيراً عن النظريات المسماة « جسمانية » وتدخل بمختلط النظريات الجسيمية .

وهكذا ، لا يمكن للضوء ان يشكل حركة مستقلة عن الوسط الذي ينقله، وتربط النظريات الحركية حتماً هذين العنصرين. وبحسب التركيز المعطى لاحد العنصرين على حساب الآخر، نحصل على نقل سهل لمعنى النظرية . وانه مع الفكرة الواضحة فكرة التموجات بدون نقل مادة ، وجدت نظريات الاثير استقلالية حقة، ثم انه، حتى عصر نيوتن، لم تكن النظريات حول الضوء لا حركية خالصة ولا جسيمية ضيقة .

النظريات التي سبقت ديكارت ـ بقولهم ان الضوء هو جسم، قصد الفيزيائيون السابقون على ديكارت في اغلب الاحيان انه عنصر، انه جوهر دائم. وهم بهذا يستعيدون افكاراً قريبة من المفاهيم الارسطية لكي يجعلوا من الضوء ناراً تظل طبيعتها مبهمة ولكنها ليست جسمية.

فالضوء في نظر انطونيو دوميني Antonio de Dominis مثلاً (1611) يبدو عنصراً اساسياً، او شيئاً يضاف الى الاجسام ويحدث الوانها. وعندما يكون الضوء نقياً ، فان له مظهر النار، ولكنه قد يفقد لمعانهُ لكي يصبح اللون الابيض . وهو يولد كل الالوان الاخرى باختلاطه بالادران المادية .

وكانت تصورات اسحاق فوس Isaac Voss (1648) قريبة رغم ان تداخل الأشعة وتسليطها.

يدوان، في نظره حجّتين كافيتين لصالح الطبيعة المادية للضوء. رغم ذلك فإن طبيعته هي النار ولكن بعكس ما يظن الاقدمون : أرسطو وكذلك المشاؤون ـ ليست هذه النار عنصراً . ان الضوء له حقيقته كالصوت والرائحة : انه حرارة سببها زعزعة الاجسام الصلبة . انه (يقول فوس Voss) الفعل الذي يذيب الاجسام. انه يجتاز الفراغ بشكل آني وغير منظور ويصبح مرئياً من جديد في الجوامد.

وليست نظرية فوس نظرية جسمية، في الضوء، بمعنى انها تميز الضوء عن المادة التي تشكل الاجسام التي نعرفها. ولكنها ليست ايضاً نظرية حركية : ان القول بان الضوء هو حرارة لا يعني تشبيهه بالمكان، والقول بانه ناتج عن تزعزع الاجسام الصلبة لا يجعل منه مكاناً للاهتزازات.

في ذات الحقبة توضحت المفاهيم الحركية للضوء . فالضوء ينتج عن حركة بعض الاماكن الجوهرية التي ليست بالضرورة مادية. ان التقدم يقوم، الى حد بعيد على توضيح طبيعة هذه الحركة التي تبقى مختلفة تماماً عن التغير الشامل الذي يعتري مطلق جسيم. وهكذا تجعل نظرية ماركوس مارسي Marcus Marci (تومانتياس Thaumantias ليبر. . براغ 1648) الضوء نتيجة تبلورات وتمددات وسط غير مادي، ليست طبيعته واضحة بشكل آخر.

ولكن غالبية النظريات الحركية تفترض، على الاقل ضمنياً، الطبيعة المادية للوسط، باعتبار ان هذا الوسط لا يختلف عن المادة العادية الا بدرجة رهافته. ويبدو ان تقدماً حاسماً قد حصل في هذا النوع من النظرية، فعلاً ، عند تشبيه الضوء بالصوت، الذي يعزى كما هو معلوم الى ارتجافات الهواء ، ويبدو ان ليونار دافنشي قد استشبه بهذه القرابة التي فسرها غاليليه فعلاً .

فبالنسبة الى غاليليه، تعتبر المفاعيل الفيزيائية وبصورة اخص، كل المفاعيل البصرية ذات اسباب حركية حتماً . فالضوء ، مثل الصوت ، انما مع سرعة انتشار اعظم واعلى، يفترض حركة الوسط او المحيط. ما هو قوام هذه الحركة ؟ هل هي من فعل اصطدامات الجزيئات الجامدة التي تشكل الوسط ؟ ام هي حصيلة ظاهرات تأرجحية ؟ لقد بقي غاليليه غير حاسم بهذا الشأن. كما ان علمه البصري ظل مجزءاً نوعاً ما .

علم البصريات عند ديكارت ـ من المبادىء الاساسية في فلسفة ديكارت افتراضه ان المادة في جوهرها امتداد . وبالمقابل ان مطلق امتداد لا يمكن ان يكون الا مادة. فالكون باكمله هو متغير الى اقصى حد ولكن طبيعته تبقى، في اساسها، هي هي. ويتحقق تداخل هذه المواد المختلفة المرهفة بعضها ببعض بأساليب اعصارية فتحدث كل الظاهرات الفيزيائية .

بين الشمس والعين تمتد مادة لطيفة مؤلفة من كريات صغيرة ذات حجم لا يتغير، تتلامس مثل الحتات المتراكم. وتحاول جسيمات اكثر دقة ودائمة لانقسام بفعل الالتقاء بالاجسام الاخرى، ان تهرب من الشمس ومن كل الاجسام المضيئة . .

واذ لا تلتقي اي فراغ، فانها لا تستطيع الا ضغط الجهاز الوسيط. ان قوة « شبه مضطربة » سوف تلقي بثقلها في هذا الوسط. وتتضاعف وتتراخى بشكل هزات صغيرة متنوعة. وبالالتقاء مع الاجسام الصلبة انما المسامية، تنكسر جسيمات الاوساط اللطيفة وتُنقل اذا كانت المسام عريضة نوعاً ما وكثيرة العدد. او تعكس اذا كانت الفتحات (المسام) نادرة وصغيرة.

وبالتالي لا يعتبر الضوء حركة حقة بل اتجاهاً متحركاً او تياراً او ضغطاً . . والنور كحادث من فعل التغيرات الايقاعية في الضغط الحاصل داخل سائل لا يقبل الانضغاط، ينتشر آنياً . يقول ديكارت :

« انه ليس شيئاً اخر غير نوع من الحركة او من الفعل السريع والحاد ينتقل نحو اعيننا بواسطة الهواء او اجسام اخرى شفافة، كما تنتقل الحركة او المقاومة، (مقاومة الاجسام التي يصطدم بها هذا الاعمى) إلى يده عبر عصاه».

ان نظرية ديكارت، المملوءة بالاماكن المادية والجسيمية، تعتبر، في اغلب الاحيان، غير متلائمة مع التصورات الاساسية التي يجب ان تلهم نظرية الاثير. وهذا الحكم قاطع ان آمنا بان صفات الاستمرارية والانقطاع هي بالضرورة مرتبطة بالمفاهيم الحركية او الجسيمية للضوء . الواقع، ان الفرق الكبير الحاصل بين الاراء الممكنة في البصريات يأتي من الطريقة التي بها يتم تصور انتشار الظاهرات الضوئية ، اي الدور المعطى للوسط. وبهذا المعنى، تتصل نظرية ديكارت، بالتأكيد، بنظريات الاثير، اثير مادي اكيد الا ان دوره هو دور الوسط او المكان. واذا لم تكن هناك حركة محددة تماماً حول موقع وسط، فانه يوجد منها جوهرها: وهو هذا الضغط « شبه المرتجف » الذي ينقله في الحال وسيط جامد .

لم يكن علم البصريات عند ديكارت Descartes منفصلاً عن التجربة، ولكن التجربة تدخل عندئذ كاثبات ضروري لحقيقة مسبقة. وكان ديكارت مثل غاسندي Gassendi يرى في ظاهرات الانعكاس والانكسار حالة خاصة من صدام الاجسام. فقد بيّن قوانين الانعكاس بواسطة مثل عودة الطابة المطاطية الى القفز. وادت به دراسة مماثلة حول الانكسار الى قانون سينوس.

رأينا ان فرمات رفض فرضية ديكارت وموجبها: ان الاجسام الاكثر ثقلاً نوعياً تقاوم حركة الضوء أقل من مقاومة الهواء او الاجسام الخفيفة .

وهناك اعتراض آخر، انما مبدئيّ هذه المرة، على الصفة التصويرية للفيزياء الديكارتية ، فتفسير الانعكاس، بحكم بنائه على المقارنة، يبدو تحكيمياً كيفياً .

وحذر فرمات من الفرضيات الميكانيكية مستغرب نوعاً ما، في حقبة سابقة تماماً على حقبة نيوتن. ومن الغريب حقاً ان توجه الى نيوتن، بعد نصف قرن من الزمن، انتقادات معاكسة تماماً : فقد وصفت فيزياؤه بانها وصفية او انها مدرسية لانها خلت من الاعاصير.

والواقع ان تهاوي فيزياء ديكارت سببه اسرافه في اليقينيات التكوينية. والتطمين الادعائي في فيزيائه مرتبط باستعمال اسلوب استنتاجي قادر بمفرده، على تفسير الكون تفسيراً كاملاً، وبعد وفاة ديكارت بخمس وعشرين سنة، ادى قياس سرعة الضوء، من قبل رومر (1675) Romer، الى هدم نتيجة اساسية في الطريقة وهي الانتقال باللحظة والآن للظاهرات الضوئية. وفي نفس الحقبة تقريباً، ادى اكتشاف التشتت الى زعزعة اسس علمه البصري بالذات.

النظرية الارتجاجية عند مالبرنش Malebranche : اللون و« الفجاءة » - شاهدت نهاية القرن 17 ولادة اكتشافات مهمة في علم البصريات سوف يكون لها انعكاس مباشر على نظريات الضوء.

في سنة 1665اثبت غريمالدي Grimaldi ظاهرات انحراف الضوء. وبذات الحقبة، درس هوك Hooke في انكلترا تلوينات الرقائق الرقيقة. واكتشف الانكسار المزدوج بعد ذلك باربع سنين من قبل ايراسم بارتولين Erasme Bartholin، ثم درسه هويجن. واخيراً، في سنة 1675، بين رومرRomer، وهو يرصد توابع المشتري، ان انتشار الظاهرات الضوئية يتم في زمن متناهٍ وحدد سرعتها.

هذه الحقبة التي تميزت بالنجاحات التجريبية الكبرى، كانت حقبة شباب نيوتن. وفي فرنسا استمرت الديكارتية تحتفظ بكل قوتها. وحاول مالبرنش ان يقاربها بالنظريات الارتجاجية التي اخذت تسيطر وتشتهر بعد اعمال غريمالدي، وهوك وهويجن. كان مالبرنش Malebranche (1638 – 1715) تلميذاً عند ديكارت Descartes. ولكنه كان يختلف عنه كثيراً في بعض نواحي فلسفته. وقد امكن القول أنّه احلَّ فكرة العقلانية الاساسية محل الوضوح اللا أدري الذي هو اساس الديكارتية. من المؤكد ان العقلانية لا تعبر، في نظره، عن حقيقة الاشياء بل عن كيفية تكويننا كتب يقول: « لا شيء كالايمان يقنعنا بوجود الاجسام ».

وفي البصريات اخذ مالبرنش يعتمد النظرية الديكارتية حول الاماكن اللطيفة مع ايضاحها قليلاً. وقد قال بان الضوء يقوم على ضغط انتشاره آني. ولكن هذا الضغط ليس ثابتاً. بل هو عرضة للتغييرات الدورية. واذن فغروقات الضغط، المشبهة للارتجاجات هي التي جعلت نظرية ديكارت قريبة من نظرية الارتجاجات في الاوساط المادية.

وهناك تقدم آخر فحواه سحب الصفة المادية الخالصة التي احتفظت بها الاماكن اللطيفة الديكارتية. ولكي يفسر مالبرانش تماسك الاجسام، افترض انها خاضعة من الخارج لضغط مادة غير منظورة ومتحركة. وبدون هذا الاثير، يصبح كل جسم مائعاً. والعنصر الثاني عند ديكارت هو ان هذا الاثير الذي يتألف من كرات صغيرة صلبة ومتماسكة، يتألف في الحقيقة من كرات طرية يمكن ان تشكّل بذاتها اعصارات صغيرة. وهكذا اقترب من اثير هويجن الصلب والمرن.

ولكن مهما كانت التحسينات الطارئة على بنية الفضاء وعلى حركاته، تبقى نظرية مالبرنش

بإمينة ولمدة طويلة، للمبادىء الجوهرية في النظرية الديكارتية. ان الضوء هو احساس محفوز بارتجافات ضاغطة سريعة جداً. وقد تفاقمت الصفة « الارتجافية » في الضغط الديكارتي الى درجة انها اصبحت ارتجاجاً حقاً. في الظلام يضغط الاثير اللطيف على الشبكية انما بانسجام ـ بحيث ان هذا الضغط الثابت لا يحس كانه ضوء.

وحوالي اواخر حياته، تغيرت نظريات مالبرانش بشكل محسوس. وفي 1712 اطلع على « اوبتيك » نيوتن، وكان يجهله حتى ذلك الحين. في هذه الاثناء كانت نظريته حول الالوان قد تكونت. وقد نجح في ربط كل لون نقي. بارتجاج سريع (اي بالوتيرة) معين. ولكن النظرية النيوتنية حول التشتت اجبرته على الاستنتاج بان اللون الابيض يتكون من تراكم سلسلة من الارتجافات، ذات الوتائر المتنوعة، ان جوهر مبادئه الديكارتية لم يتزعزع بشكل ظاهر، وقد حاول ايضاً ان يفسر قوانين الانعكاس والانكسار ببنية اعصارية للاثير.

واذاً فقد نجح مالبرانش في الاحتفاظ بالقسم الاقوى من كل نظرية، وفي التوفيق بين المبادىء الديكارتية ونتائج التشتت. وانضم في النهاية الى فرضية الانتشار النهائي للضوء. وسوف نعود الى نظريته حول الالوان، وهي القسم الرئيسي من عمله.

ظاهرات الانكسار ونظريات الاثير المرتجف ـ حاول الاب بارديز P.Pardies وهوك Hooke وهما معاصران لمالبرنش ان يمددا في حياة علم البصريات الذي وضعه غريمالدي فيجعلا منه نظرية حقة في الاثير.

وكانت تصورات غريمالدي ترتكز على وجود ظاهرات الانكسار التي تحقق منها هو بنفسه وادت به تجاربه الى التفكير بان مفهوم الشعاع الضوئي اساس كل البصريات الجيومترية لم يكن يكفي دائماً. فكتب يقول: « يوجد نوع رابع من امتداد الضوء: هو الامتداد عن طريق الانكسار، وهو نوع مختلف عن الانواع الثلاثة المعروفة حتى ذلك الحين ». (الانتشار المباشر؛ الانعكاس؛ الانكسار). ويمكن للاجسام الكثيفة ان ترد الضوء جانباً واذاً فان هذا الضوء ينتشر في زمن متناهٍ انما بشكل غير مرئي ولهذا يصعب تحريفه او تحويله عن خطه.

والضوء جسم مختلف عن المادة لا في لطافته فقط بل في تولده. انه يشبه الصوت، وهو يحدث بفعل اضطراب جوهر ما بشكل وتيري ايقاعي. واذا فان بصريات غريمالدي تنحو نحو نظرية الاثير. كتب يقول: « الضوء هو مائع يتحرك بسرعة كلية وبشكل ارتجاجي احياناً عبر الاجسام الشفافة ».

وبعد غريمالدي اصبحت نظريات الاثير اكثر مادية واكثر وضوحاً، بحيث اقتربت من نظريات ديكارت بهذا المعنى. واصالتها تقوم على تفسير الحركة التي تحيي الوسط المادي. هذه الحركة التي بقيت عند ديكارت بشكل تيار اصبحت مع مالبرنش وغريمالدي ارتجاجاً حقاً ولكن اسلوب انتشارها بقي مبهماً نوعاً ما.

واعترف هوك Hooke مثل ديكارت بحقيقتين اوليتين: المادة والحركة. وهاتان الحقيقتان لا

تقترنان على اساس جوهر وصفة : فهما في الاساس من نفس الطبيعة ويمكن ان تحل احـداهما مكـان الاخرى. وهذا التصور المدهش في اصالته في تلك الحقبة لا يمكن ان يكون الا بالون اختبار. رغم انه مال بفيزياء هوك نحو نتيجتين اساسيتين :

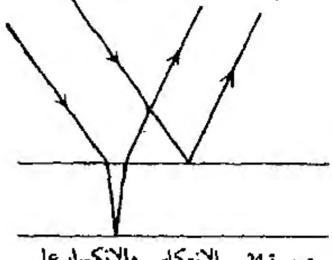
اولاً ان الاثير الضوئي غير المادي الذي قال به غريمالدي قد حل محله مـائع مـادي. وفي المقام الثاني ارتكز التمييز بين المادة والضوء على الفارق بين الارتجافات أو التموجات التي تتميز بها جسيماتها.

وهذه الفكرة مليئة بالوعود تجاه نظرياتنا الحديثة التي يراد لها ان تقـول اشياء كثيـرة. وقد كـان ينقص هوك تعريف سليم للطاقة الحركية (كما حققها فعلاً هويجن) واكثر من ذلك كانت تنقصه فكرة وجود « كم » من العمل Quantum، وطول موجة لتفسير الرابط بين الارتجاف والجزيئات المادية. ولم يدخل هوك اية فكرة تصورية للجسيمات. وفي نظره تعتبر المادة والضوء مجرد مظهـرين قد ترتديهـما الحركة الارتجافية.

ان الصفة التموجية لانتشار الضوء تتسبب بها زعـزعة المكـان. هذه الـزعزعـة تنتشر بواسـطة نبضات موحدة، عامودية على اتجاه الانتشار. وهذه الفرضية سوف تصبح على يد فرنل Fresnel أساس النظريات التأرجحية أو التموجية في الضوء.

ويفسـر الانعكاس والانكسار والتلون بعدم تـساوي توجه الارتجافات في الاجسـام الشفافة. وهنا تبدو نظرية هـوك ادنى مستوى من تفسيرات هـويجن. فضلاً عن ذلـك يقول هـوك بالانتشـار الآني للظاهرات الضوئية، وظل لمدة طويلة يعارض نيـوتـن بنظرية للألوان خاطئة الاساس.

وترتكز نظريته حول الانكسار المزدوج على فرضية عدم التناظر في الحركة الارتجافية للضوء. ان الشعاع الضوئي في نظره له وجهان منها ان الارتجافات تتم بحسب اتجاهين متناقضين. يقـابل هـذه الثنائية بالارتجافـات، تفكك الشعـاع بواسـطة التبلر وايضاً بـوجود لـونين اسـاسيين في تفكـك النور الابيض. ويفسر تلون الرقائق بتحليل عقلي هو مزيج غريب من تصورات شبه حديثة ومن افكار عتيقة بالية (صورة رقم 24).



صورة 24 ـ الانعكاس والانكسار على رقاصة.

ان اجتياز الرقاقة يعوق الشعاع المنعكس على الوجه الخلفي ويضعفه بذات الوقت. اما الشعاع الذي يعكسه الوجه الامامي فيبقى اكثر زخماً، وبعد الاندماج الجديد بـين هذين الشعـاعين، يسير القسم القوي اي الاكثر زخماً في الطليعة. واذا كانت العين لا تلحظ هذا الفارق الزمني، عندئذٍ يشعر الناظر بوجود شعاع وحيد قسمه القوي هو الأول، مما يعطي اللون الأحمر، بحكم التعريف. وإذا كان الفرق محسوساً، لا يلتبس الشعاع الضعيف مع الشعاع الزخيم الذي يسبقه بل مع الشعاع الذي يليه، والمعكوس لاحقاً من قبل الوجه الاول. وعندئذٍ يشعر الناظر بوجود شعاع وحيد يكون الجزء الضعيف

فيه هو الاول وهذا يعطي تعريف او تسمية اللون الازرق. هذه النظرية الفيزيولوجية في التلوين فيها خطأ خطير انها ليست كمياتية . اذ هنا ايضاً سوف تشكل نظرية نيوتن تقدماً كبيراً . والى جانب النواقص الأكيدة ، تقدم نظرية هوك بعض المستجدات التي تجعل من مؤلفها سابقاً بحق . وليست نظريته حول الارتجاجات الاعتراضية أقل فضائله ، رغم أنه لم يشتبه بوجودها ؛ ويمكن الظن أيضاً أن اثير هوك ، الأقل وضوحاً من أثير هويجن ، والمعرف بأنه دعامة الارتجافات ، هذا الأثير يقترب أكثر ربما من المفاهيم الحديثة التي سبقت بصورة مباشرة « النسبية المحضورة » .

ونظرية هويجن لها علاقات عديدة مع نظرية الاب بارديز P.Pardies ومع نظرية هوك، وهذا ما تفسره، ايضاً، الاتصالات الكثيرة بين هذين الفيزيائيين . .

كتب هويجن في مطلع كتابه « الضوء » (1690): « يقوم الضوء على حركة المادة الموجودة بيننا وبين الجسم المضيء ». واوضح فيما بعد ان الضوء يشبه الصوت وينتشر في اثير هو بالضرورة مادي لانه يحرك جواهر اخرى مادية. ولكن هذا الاثير لا يقذف كما تقذف الطابة. انه مركز حركات ارتجافية حقة .

واهتم هويجن بعدها بتحديد بنية الاثير، على مهل وبخفة، فافترضه مركباً من جزيئات صغيرة صلبة وذات تجاوب سريع جداً ، هذه المرونة بالذات سببها وجود وسط ثانٍ محتمل اكثر لطافة، جزيئاته المتحركة بسرعة قوية تجتاز المكان او الوسط الاول فتعطيه هذه الصفة. في هذا الحرج في التفسير الوضعي، يلحظ تأثير ديكارت. انما نلاحظ غياب المسام والقنوات: ان هذه المادة الاثيرية تملأ فراغات المادة العادية التي مظهرها وحده هو المتتالي والمستمر.

تطبق على كل جزيئة من الاثير قوانين القرع او الصدم. فكل نقاط اي موجة قد تكون مقاماً لزعزعة جديدة. وغطاؤها يشكل سطحاً لموجة من شأنها ان تنتشر حتى اللانهاية. .

وبالاستعانة بفرضية التموجات، بيَّن هويجن قوانين الانعكاس، والانكسار والانكسار المزدوج. وانتشر الضوء عموماً ، بموجات كروية، انما بسرعات متنوعة في وسطين مختلفين. وهذه الواقعة تكفي لتحديد شعاع الانتشار وقانون السينوسات بواسطة بناءٍ معروف تماماً. وينتج الانكسار غير العادي الذي يحدث في بعض البلورات عن انتشار بشكل موجات بيضاوية .

وحققت النظرية التموجية ، نظرية هويجن، الاكثر تفصيلاً والاكثر كمياتية من نظرية هوك ، اكرر حققت، من عدة اوجه، تحسيناً واضحاً ، فقد عرف هويجن كيف يتفادى بعض الاغلاط، مثل الانتشار الآني : وبدت تجربة رومر تأكيداً عملياً على الخاصية التموجية :

« إذا اقتضى الضوء وقتاً لمروره ، فينتج عن ذلك أن تكون هذه الحركة المفروضة على المادة متتالية وبالنتيجة فإنها تمتد مثل حركة الصوت ، بشكل سطوح وبشكل موجات كروية » .

الا ان فكرة التذبذبات العامودية على اتجاه الانتشار ظلت غريبة على هويجن الذي رأى ان

جزيئات الاثير تتأرجح باتجاه الشعاع. واذا كان هو الاول السباق بالاشارة الى ظاهرة التعميم بواسطة بلورتين متتاليتين من التبلر Spath فانه لم يشرح هذه الظاهرة.

ان مثل هذه التفصيلات هي التي ارادت نظرية الاب آنجو P.Ango توضيحها، مستوحية مفاهيم الاب بارديز P.Pardies. ان منشأ الضوء يقوم على حركة ارتجاجية ذاتية تخصُ طبيعة الاهل او المنبع. والتكثيفات والتمددات، في المنبع، تنتقل فيما بعد بواسطة الجوهر الاثيري، بشكل تموجات تغذيها دفقات المنبع.

انها اضطرابات متتالية تشبه التجعدات؛ وهي تتم بدون نقل مواد. هذا الموجز يدل كم هي هذه الافكار قريبة من افكار هويجن. والاثير، الذي لم يوضح الاب بارديز P.Pardies طبيعته، يعتبر حتماً كوسط مادي لانه قادر على نقل ارتجاجاته الى الهواء. ورغم الفرضيات الاكثر توضيحاً وتفصيلاً حول طبيعة الاثير، لم يقبل هويجن بمثل هذا الوضوح هذا التبادل للحركات بين وسط لطيف ووسط مادي.

ان اعمال الاب بارديز P.Pardies وهوك Hooke وهويجن Huygens وحتى اعمال مالبرانش Malebranche، هي تقريباً متزامنة لتجارب نيوتن ولأهم نشراته. وتصادمهم الذي كثيراً ما كان عاصفاً مع النظرية النيوتنية، سوف يميز حقبة حاسمة في توجيه علم البصريات.

البصريات النيوتنية وتشتت الضوء - لا ينفصل علم البصريات عند نيوتن عن تجاربه حول التشتت. « ان قصدي من هذا الكتاب (صرح بذلك في مطلع « كتاب الاوبتيك »)ليس تفسير خصائص الضوء بالنظريات بل عرضها فجة لكي إثبتها فيما بعد بالتحليل العقلي وبالتجارب » (كتاب اوبتيكا ترجمة كوست Coste، ط2، فرنسية، 1722، ص1).

لا شك ان الموقف الذي أعتمده نيوتن لا ينتج في قسم منه عن تيارات في عصره. كان نيوتن يجتهد دائماً، مبدئياً على الاقل، ان يضع بصرياته بمنأى عن التصور الكيفي او غير الكامل. ولكنه، وبمثابرة دائمة تقريباً، كان يعود الى مناقشة فرضيات من هذا النوع.

لقد كانت ظاهرة التشتت معروفة قبل نيوتن، ولكنها كانت تفسر كتغيير عرضي حاصل بفعل ضمة مضيئة. كان الظن سائداً، ان الزجاج، ببريقه، يمكن ان يشيع تلويناً في الشعاع. وقد كان لنيوتن الفضل في طرح المسألة بشكل محدد تماماً : في كل درجة من درجات الانكسارية هناك شعاع ملائم ذو لون مختلف. وبالمقابل، ان الشعاع من لون « صاف » - يحتفظ بلونه بعد اجتيازه الموشور. تلك هي الوقائع. وكل شيء يحصل كما لو لم تكن الالوان مكتسبة عبر العملية بل موجودة في ضمة الضوء الابيض. وتكون مهمة الموشور ابرازها.

ما هو الضوء اذن ؟ في مداخلة بتاريخ 8 شباط 1672 امام « الجمعية الملكية » اعتبره نيوتن كحقيقة جوهرية وأعطاه بنية جسيمية. وهذه المزاعم ترتكز على اسباب مأخوذة من نظريته حول الالوان، ولكن قوتها الاقناعية ذات منشأ مدهش نوعاً ما.

يفترض نيوتن : لما كانت الالوان صفات ضوئية فمن الواجب ان يكون الضوء جوهراً لا عرضاً (صفة) . اذ لا يمكن تصور صفة لصفة (عرض لعرض)، ان اللون يقترن بالجوهر الضوء مثل ما ترتبط الصفات الميكانيكية بالمادة . ومن جهة اخرى ان الصفة (العرض) هي دائماً بسيطة، فلا يمكن ان تنبثق عنها صفة اخرى بالتركيب.

وبعد تجميع الصفات المختلفة المتواجدة بدون ان يحطم بعضها بعضاً ، فان الضوء يبدو لنا كحقيقة جوهرية. فالى اي حد يختلف الضوء عن المادة ؟ هنا يبدو نيوتن اقل وضوحاً .

يقول : « نحن متأكدون ان الضوء هو جوهر » ولكن « من الصعب تحديد ماهية هذا الجوهر، بيقين » ثم يضيف : « لا اريد أن اخلط ما هو اكيد بما هو غير اكيد. »

وجلبت له (لنيوتن) مداخلته في سنة 1672 سلسلة من الانتقادات اشهرها انتقادات هوك وهويجن، التي سوف نعود اليها. وتأذى نيوتن فامتنع وتحفظ تحفظاً شديداً حول طبيعة الضوء .

كتب يقول : « ان المحت الى ان الضوء هو جسم، فاني لا اؤكده متيقناً . » ثم تابع : « اعرف تماماً ان خصائص الضوء يمكن ان تفهم لا عن طريق الفرضية التي تعزى الي، فقط، بل عن طرق شتى اخرى كثيرة. ولهذا فقد قررت تفاديها كلها ».

التداخل ونظرية الوصول ـ من جهة اخرى، كانت ظاهرات تلوين الرقائق معروفة يومئذ. وقد درس نيوتن صفات الحلقات الشهيرة التي تحمل اسمه بعد ان اجرى اولاً تجارب بواسطة موشورين غير موصولين تماماً، وضع فيها بعد عدسة « مسطحة محدودبة » على صفيحة زجاج. وهكذا حصر شريحة هواء سماكتها، المتنوعة، تتزايد حول الاطراف: وكل حلقة تداخلية تحدث بواسطة الاشعة التي تجتاز نفس السماكة من الهواء .

كيف يمكن للنظرية الجسيمية عند نيوتن ان تنجح في تفسير ظاهرة تبدو لنا الآن، مرتبطة بصورة اساسية بالخصائص التموجية للضوء ؟ بادخال الدورية، دورية من نمط آخر عند اجتياز الجسيم. ان هذا الجسيم، طيلة مساره، يمتلك على التوالي « مرابض » سهلة النقل « ومرابض » سهلة الانعكاس. وهذه القدرات تحدث بصورة دورية، وطول « القدرة » دائماً ثابت بالنسبة الى لون محدد.

« والسبب الذي يجعل سطوح الاجسام الشفافة السميكة، تعكس قسماً من الضوء الذي يسقط على هذه الاجسام ويترك غيرها هو أن بعض الاشعة تتواجد في « مرابض » سهلة الانعكاس في حين ان الاخريات ذات مرابض سهلة النقل » .

ويتدخل تفسير مماثل من اجل تلوين الشفرات الرقيقة. نفترض ان المسافة بين الشفرتين هي بحيث ان المربض نفسه يحدث عند خروجه من الشفرة الاولى ومن الشفرة الثانية. كل شعاع تنقله الشفرة الاولى (اي ضمن مربض سهل النقل) سوف يكون كذلك ايضاً بفعل الثانية. ان اياً من هذه الاشعة لا يصل الى العين التي ترى فوق هذه الشفرة، منطقة مظلمة. وبالعكس اذا كانت المسافة بين

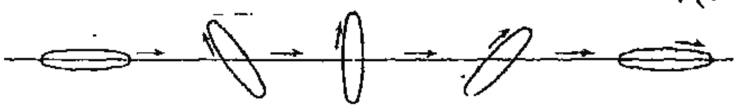
الشفرتين بحيث يتغير المربض، فان كل شعاع منقول من قبل الشفرة الاولى سوف ينعكس بالثانية ويصل الى العين. فترى هذه بقعة لامعة ترتسم. وتتعاقب اذن مناطق مضيئة ومناطق مظلمة بصورة دورية. وهكذا تدخل نظرية المرابض تناوباً في الحالات لا في الحركات.

وتبت احداث الحلقات، بفعل شفرة الهواء ذات السماكة المتغيرة المحصورة بين شفرتين كاسرتين، بفضل استعمال الزاوية الهوائية المتكونة بين قسم من الكرة والسطح الذي هو ركيزتها معدات تسمى «حلقات نيوتن». وبين نيوتن ان أشعة الحلقات المتتالية، تتزايد مثل الجذر التربيعي لرقم ترتيبها. فالحلقة n يكون شعاعها ($r_n=K\sqrt{n}$). وان وضع موشور بين هذه المعدات والناظر، يلاحظ التفكك الى نظام من الحلقات الوحيدة التلوين Monochromatique، انظمة مفصول بعضها عن بعض.

يقول: «وبين كل المقترحات المعروضة اعلاه لا يوجد اي مقترح تحوطه ظروف كثيرة الغرابة» (كتاب اوبتيكا، ترجمة كوست Coste ط2 فرنسية ص 273).

ما هي اسباب هذه الدورية؟ - لان نيوتن لا يستطيع ان يخفي تحت اسم «مربض» ارادة داخلية او قدرة سرية للتوصل إلى أشياء أخرى أيضاً.

ان المرابض قد تتكون بعدم تناظر في الشكل او في صفات الجسيمات المضيئة. وهذا قد يكون نوعاً من المغنطة او حتى تناظراً بالنسبة الى المحور. ونرى ان حركة جسيم اسطواني (ellipsoidal) (مثلاً بشكل سيكار) مزود بآنٍ واحدٍ بحركات دوران ونقل يمكن ان يحدث تناوبات على طول المسار (صورة 25):



(صورة 25) - تفسير ممكن لنظرية المرابض لنيوتن.

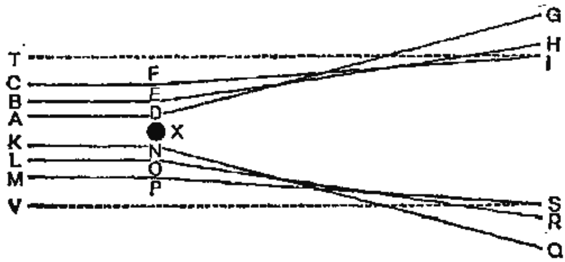
يمكن الظن ايضاً ان الجسيمات المضيئة تحدث تفاعلات متبادلة فيما بينها. هذه القوى التي قد تكون تجاذباً تحدث ارتجافات او ذبذبات من شأنها ان تستبق الجسيمات او تزيد او تنقص من سرعتها. وبافتراض هذا التأويل الثاني، ندخل اثيراً يلعب دوراً حتماً ثانوياً بالنسبة الى دور الجسيمات المضيئة، ولكنه دور محتوم في كل حال.

ومهما كانت نظرية المرابض ذكية بارعة فانها لا تنجح في قهر البرهان التجريبي. وهي اذا طبقت على تلوين الشفرات الرقيقة فانها لا تدخل في الشفرة الثانية الا سلوك الاشعة التي نجحت في اجتياز الشفرة الاولى. ولكنه من الممكن فعلاً الغاء الانعكاسات على الشفرة الاولى باستعمال الضوء المستقطب. ومستنداً لنظرية المرابض، لا شيء يجب ان يتغير. والواقع ان الحلقات تزول. واذاً يجب تفسير تكوين الحلقات بضم الاشعة المعكوسة من قبل هذه الشفرة او تلك. وهذا ما تفسره نظرية التداخل Interférences.

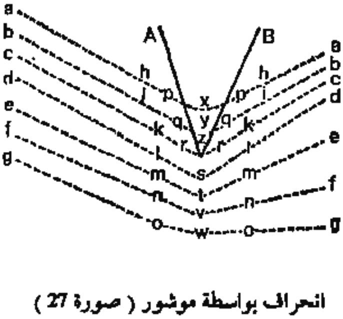
الانكسار أو الالتواء ـ كرر نيوتـون تجربـات غريمـالدي Grimaldi حـول ظاهـرات الانكسار أو الانحراف واضعاً بين مصدر الضوء والشاشـة حواجـز مفككة . فـلاحظ أيضاً ظـاهرات محـدثة بفعـل وجود شق رفيع ذي عرض يمكن التحكم به .

ومع ذلك ورغم هذه النتائج الاكيدة لم يعترف نيـوتـن بظاهرات الانكسار. هذا النموذج الرابع من الانتشار المتميز عن الانعكاس وعن الانحراف وكذلك عن الانتشار المستقيم. وفي نظر نيوتن يتعلق الامر بالتواء الضوء ، الذي يتميز بفعل انعكاس انكسارٍ او ارتداد او بفعل انجذاب.

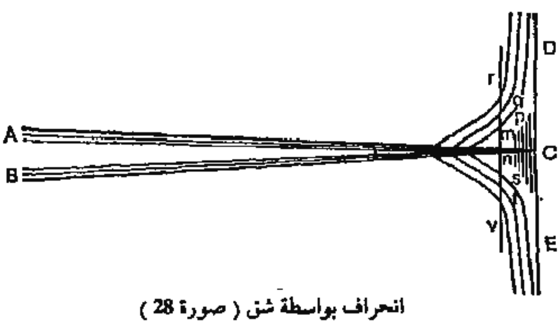
وان نحن وضعنا خيطاً رفيعاً في مسار ضمة ضوئية فان الاشعة تنعكس على الجوار جوار الحاجز، معطية توزيعاً للضوء في منطقة الظل الهندسي (صورة 26). وبجوار حد الموشور تنحرف الاشعة ايضاً نحو قاعدة الموشور (صورة 27). واخيراً عند اجتياز الشق الضيق يعمل الجذب غير المتساوي الذي يصيب الاشعة من قبل طرفي الشق على ليها نحو منطقة الظل الجيومتري (صورة 28) .



انحراف بواسطة خيط (صورة 26)



انحراف بواسطة موشور (صورة 27)



انحراف بواسطة شق (صورة 28)

الانكسـار المزدوج ـ كـان نيوتن عـلى علم جيد بتجـارب بارتـولـين Bartholine وهـويجن Huygens حول انحراف الضوء بواسـطة بلورة اسلندا Islande. واذا كـان الانعكاس والانحـراف

ياتيان عن ترتيبات معينة في نقطة الانعكاس، فان الانحراف المزدوج يدل على تزايد في هذه التركيبات الممكنة. ويمكن تخيل ان الجسيمات الضوئية تشبه مغناطيسات صغيرة في مواجهة لا تناظرية البلور.

النظرية الجسيمية ووجود الأثير - تبدو مبادىء نيوتن الأولى وكأنها حتماً جسيمية. وحتى سنة 1671 لم تظهر كلمة أثير في كتاباته. ولكن الجدل الذي قام به مع هوك وجه فكره نحو فرضية الأثير وحوله بذات الوقت عن اعتمادها بدون تحفظات.

وتحت تأثير أفكار نيوتن اضطر هوك إلى تغيير نظريته حول الذبذبات الأثيرية. وبقبوله بالعلاقة بين اللون والانكسار، ورفض تكوين الضوء بواسطة اندماج لونين اساسيين، لم يعد يستطيع اعطاء الشعاع الضوئي جانبين او جهتين. واذاً لا بد من افتراض تغير في بنية الشعاع الداخلية، من اجل تفسير تعددية الالوان وهكذا اضطر هوك Hooke الى ربط تلون الشعاع بضخامة ذبذبات الاثير.

وفي نفس هذه السنة 1675 - نشر نيوتن نظريته حول الضوء بالالوان. وفرح بتنازلات هوك Hooke أمام افكاره هو. ثم طور نظرية الموجات الاثيرية التي تنم عن تنازلات من جهته.

من حيث المبدأ لم تكن هذه النظرية موجهة الا للعب دور الصور داخل نص غامض. ورغم ذلك فقد ظلت ذات دلالة: إن الضوء هو دائماً انبثاق صادر عن أجسام ملتهبة. ولكن هذه الجسيمات لها القدرة على رجرجة الاثير واحداث ذبذبات دورية تنتشر في هذا الوسط.

ان انقلاب نيوتن الجزئي ورجوعه الى نظريات الاثير تعزى الى ثلاثة اسباب رئيسية :

في المقام الاول بدت نظرية المداخل تتطلب الانتقال من فعل ينعكس على حركة الجزئيات الضوئية، ويمكن ان تغيرها. وهذا الانتقال يحتاج إلى وجود أثير.

ومن جهة اخرى تبدو ظاهرات الانكسار ذات اثر على الشاشة، من بعيد. ويذكر هذا الفعل القادر على التأثير في مسار الاشعة الضوئية، بأعمال صورية ولا يمكن ان ينتشر بلدون وجود وسط.

واخيراً كان نيوتن مقتنعاً بأهمية فكرة الاثير في الميكانيك السماوي. ولهذا لم تكن امكانية العثور على ارض مشتركة بين البصريات والجذب الكوني غريبة على تطوره.

يتساءل نيوتن في كتابه «مسائل ابصارية» إذا لم يكن هناك مماثلة بين المادة والاثير، كما يتساءل هل من الممكن تصور امكانية تحولات متناظرة. ومهما يكن من امر لا يمكن للاثير ان تكون له خصائص الوسط الذي يقول به ديكارت. فالمائع الجسدي حتى ولو كان لطيفاً، يترك مجالاً لوجود مقاومات عنيفة. وبحوث نيوتن حول المقاومة في المعادن حملته على الظن بأن الفضاء السماوي يجب ان يكون فارغاً من كل مائع جسدي.

وعلى كل حال يتميز هذا الاثير غير الجسدي بخصائص مربوطة بشكل ضيق بالمادة المقرون بها.

وهذه الخصائص تختلف بحسب ما اذا كان هذا الاثير حراً او داخلاً في أجسام، وربما ايضاً بحسب الاجسام التي تحويه. ولهذا فان القدرة الانكسارية تختلف باختلاف الزخم وباختلاف طبيعة الاجسام.

وعلى الرغم من ان الفضاءات السماوية فارغة من اي سائل جسدي فقد اضاف نيوتن بأن هناك استثناء يجب أن يلعب دوراً لصالح الأبخرة الخفيفة جداً ولصالح الأشعة الضوئية. ورغم أن هذه الجملة تبدو استهلالية فهي تدل بما فيه الكفاية على مدى تطور افكار نيوتن بعد 1671.

إلا أن هذا التغير لم يحمله ابداً على تجاوز نظرية مختلطة تجمع الى الجسيمات اثيراً متذبذباً تعمل فيه هذه الجسيمات. وليس سبب ذلك ان فكرة الاثير ظلت عنده تصوراً سطحياً كما المح الى ذلك البعض احياناً، بل انه اي هذا المفهوم بدا له دائماً غير كافٍ بمفرده لدعم البصريات في مجملها.

والواقع ان الانتقادات التي وجهها نيوتن الى النظريات الذبذباتية تبدو ضعيفة نوعاً ما:

فالنظرية الذبذباتية الخالصة تبدو له غير متلائمة تماماً مع مبدأ المداخل او المرابض. ويكون من الضروري القول بوجود اثيرين ارتجاجيين. وتنتشر الذبذبات من احدهما بسرعة اكثر وتنجح في تغيير حركة الآخر. ولكن لم يكن هذا المظهر السلبي الذي ادخله هذا التعضيد هو الذي حمل نيوتن على استبعاد النظريات الذبذباتية الخالصة. ويحتفظ تعلقه بنظريات الارسال، بالكثير من العفوية اما تحفظه فيمكن ان يرد ايضاً الى عدة اسباب:

بالدرجة الاولى تفسر هذه النظرية بشكل طبيعي جداً. انتشار الضوء بخط مستقيم. وفي هذه الحقبة بالذات تصور هوك Hooke وجود أشعة عامودية في مواجهة الموجة الكروية. ولكن هذه الحالة هي حالة نظرية خالصة وقد لاحظ نيوتن ان الاضطراب في النمط الهيدروديناميكي ينتشر بصورة استثنائية بخط مستقيم. ان الضوء ينفرط فجأة: ويستنتج: «إن النور وهو ينتشر بخط مستقيم لا يمكن ان يقتصر على فعل الوسط فقط» وهويجن اوشك ان ينجح في تفسير الانتشار المستقيم. وكان ينقصه ان يطرح بوضوح مبدأ تخريب الموجات بفعل تداخلاتها وهذا المبدأ سوف يتيح ليونغ Young وفرنل Fresnel أن يوفقا نهائياً بين الانتشار المستقيم والنظرية التأرجحية.

ومن جهة اخرى، حملت التجارب الميكانيكية، نيوتن نحو الفرضيات الذرية. اذا كان الضوء مؤلفاً من جسيمات مادية فان قوانين الديناميك، وخاصة قانون الجمود، تطبق مباشرة وتؤدي الى تفسير بسيط للخصائص الاكثر تأكيداً في الضوء.

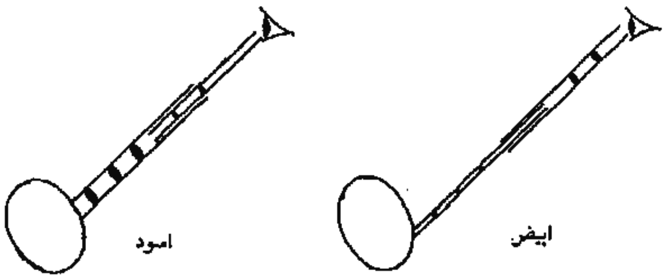
واخيراً ان الاسباب السيكولوجية التي لا تهمل، حملت نيوتن على التضامن بصورة رسمية مع النظريات الجسيمية: وبدا هوك Hooke الممثل الاكثر اهلية، الرسمي، لنظرية الاثير. ودوغماتية هوك. وطموحه الى احتكار ابوة نظرية للذبذبات، كل ذلك حمل نيوتن على الاحتفاظ بعنصر مادي لم يكن هوك يرى، ضرورة له.

وحده فقط التطور الفلسفي لفكره سمح بالظن، تخميناً بان نيوتن يفضل نظرية مختلطة. لا شك

ان اسباباً تكتيكية، واسباب حذر، قد تكون قد دفعته على سلوك سياسة مهادنة آنية، او ربما تمنع. ولكن هذه السياسة ربما كان دافعها القناعة العميقة بان اختيار الفرضيات، المفيد احياناً، هو في اغلب الاحيان، لا يؤبه له. ان جوهر كل ظاهرة هو اسلوب انتشارها. قال بهذا الشأن «لا يمكننا ان نعرف هل النور هو قذف لاجسام صغيرة جداً ام انه ليس الا حركة مجردة، او نوعاً من القوة التي تنتشر». ولهذا كان ل. بلوش L.Bloch على حق، والى حد بعيد جداً، حين زعم ان نظرية نيوتن يجب أن تكون مختلطة لانها تريد ان تبقى ايجابية.

III ـ نظريات الألوان

نظريات الالوان في اواخر القرن 16 ـ ترتبط الاجسام بالمظهر المحسوس للضوء. ولهذا كانت مطلق نظرية حول الضوء، دائماً، والى حد ما، نظرية حول الالوان، ولكن التلوينات تبدو ايضاً وكأنها تساهم في شكل تكوين الاشياء المادية. ولهذا فقد اعتبرت الالوان عموماً كظاهرة اقل نقاء، واقل بساطة من الضوء.



(صورة 29) ـ تكون الاسود والابيض بحسب نظرية افلاطون.

شرح افلاطون تشكل اللون الاسود والابيض والالوان المختلفة في الظروف المختلفة التي تسود التقاء تيارين: النار البصرية الظاهرة من العين والجسيمات الصادرة عن الاشياء. فاذا كانت الجزيئات الصادرة عن الاشياء كبيرة نوعاً ما، تتوصل النار البصرية الى تقسيمها، وعندئذٍ يحصل الاحساس بالاسود. وبالعكس اذا كانت النار البصرية محطمة بالجزيئات الصغيرة جداً، نحس بالابيض. وهذه الظاهرة اذا تتابعت حتى تصل الى مستوى العين فانها تولد الشررارة او اللمعة. ولكن هذا التفاعل اللماع قد يخف حين يتصل برطوبة العين وعندها يحدث الشعور بالاحمر. اما المذهب والرمادي والاخضر... فيحصل بخلائط متنوعة بين هذه المفاعيل الاولية. ويستطرد افلاطون: «بالنسبة الى الالوان الاخرى نرى الى اي أمزجة يجب تشبيهها حتى نحافظ على صحة اقوالنا. ولكن محاولة وضعها موضع رقابة التجربة، تعني تجاهل الفوارق بين ما هو بشري وما هو إلهي في الطبيعة، لان الله لكي يجمع الكثرة في الوحدة يمتلك المعرفة والقدرة. في حين انه لا يوجد بين البشر من يستطيع هذه العملية لا الان ولا في المستقبل». (تيمي Timée).

« وبالنسبة الى نظرية ديموقريط، نشير الى الاهمية المعطاة للنار البشرية التي تتيح التأكيد بأن كل لون ليس، لا ما هو مقذوف ولا ما هو قاذف بل ما هو حاصل في الفترة بين الاول والثاني، وهذا ما يحصل لكل انسان بمفرده » (تيتيت) Théétète .

وبوجه مختلف نوعاً ما وضع ارسطو تفسيراً للالوان . انها خلائط او مزائج بنسب مختلفة من النور والظلام . فالنور الزخم والظل اذا تعاقبا يحدثان الألوان الحمراء . وأخيراً ان الظل الكثيف والضوء الخفيف ينتجان البنفسجي . وهذان اللونان اساسيان . وانطلاقاً منهما نحصل على كل الالوان الاخرى اما بالمزيج واما بالتفريق او المقارنة .

ولم يحدث اي تغيير اساسي حتى عصر النهضه ، على هذه النظرية . رغم ان ظاهرة تشتت الالوان بواسطة الموشور معروفة منذ القديم . حتى ان سينيق Sénèque قد شبهها بحدوث الالوان الظاهرة في قوس قزح . ولكن في القرون الوسطى بدا تفكيك الالوان بواسطة الموشور تأييداً مرضياً لافكار ارسطو : فالضوء المنحرف فوق زاوية الموشور يجتاز سماكة من الزجاج اقل ضخامة من الضوء المنحرف لجهة قاعدة الموشور. واذاً يوجد ظل اكثر ونور اقل من ناحية القاعدة ، وهذا يتوافق مع تعريف اللون البنفسجي . ظل اقل وضوء اكثر من ناحية قمة الموشور يحدث اللون الاحمر بحسب تصورات ارسطو .

الاراء السابقة على ديكارت حول طبيعة الالوان ـ جرت محاولة دحض نظرية ارسطو حول الالوان سنة 1617، من قبل اليسوعي غاليتوماريسكوتي Galetto Mariscoti . فقد بين ان ليس اجتياز الموشور هو الذي يحدث التلوين بل الانحراف الذي يصيب الاشعة. واذا كانت الاشعة تجتاز الموشور بصورة طبيعية فلا يلحظ اي تلوين. ومن جهة اخرى ليس الشعاع الاكثر نقاءاً ، وهو الاصفر، الشعاع الاقرب الى ذروة الموشور كما تدل على ذلك النظرية الارسطية ، بل الشعاع الوسط: واذا فهو يجتاز كمية من الزجاج اكبر من الكمية التي يجتازها الاحمر، فيحصل من ذلك انه يكتسب ظلمة اكبر، وهذا ما يدحض نظرية ارسطو .

وبالرغم من هذه الاعتراضات ، حاول بارو Barrow في سنة 1674 ان يكمل افكار ارسطو. فالاسود يحدث بامتصاص كامل للضوء . اما الالوان وهي مزيج من الظل والضوء فتقوم على انها انعكاسات متعددة تفصل بينها الامتصاصات. وكلما زادت هذه الامتصاصات كلما تحرك اللون نحو البنفسجي .

النظريات الديكارتية. الوان وذبذبات ـ في هذه الفترة اخذت النظريات الخلوية والحركية التي جاء بها ديكارت تحل محل مبادىء الفيزياء المدرسية. وساد الاعتقاد بان الضوء ينتقل كالضغط الواقع على جسيمات في وسط لطيف وسيط. وفي مسام الاجسام الارضية تدور هذه الجسيمات وتغزل. وسرعة دورانها تعادل تقريباً سرعة تنقلها بخط مستقيم. ولكن فوق سطح الاجسام اي عند حدود الفصل بين الظلام والضوء تحرم الخلايا اللطيفة من جاراتها. فتتلقى اذاً ضغطاً وحيد الطرف، وبحسب اتجاه دورانها تصبح سرعةالغزل أكبر وأصغر من الانتقال ويكون التلوين مظهراً يحدثه فرق

السرعة. وينتقل التلوين من الاحمر الى الاصفر الى القرمزي. ان الالوان ليست شيئاً آخر في الاجسام الملونة، غير الاشكال المختلفة التي تنقل بها هذه الاجسام الحركة الى اعيننا.

وكانت النظريات الديكارتية، العارية من كل اساس تجريبي كمي متهافتة، ويزداد تهافتها كلما كانت تفصيلاتها اكبر واعمق. ولم يخف بويل Boyle حذره من هذا النوع من التفسير. واقترح الاب بارديز P.Pardies نظرية قد تبدو تسوية بين مبادىء ارسطو والاراء الديكارتية الجديدة. فهو مثل ارسطو ومثل بارو Barrow يقول بلونين اساسيين : الابيض وينتج عن الانعكاسات فوق الاجزاء المدورة من الاجسام، والاسود ويحدث بفعل الامتصاصات في الاجسام الجوفاء. اما الالوان الاخرى فهي مزائج. وهذه المزائج تتكون بعد خضات متتالية في الجوهر الاثيري. وتوصل هذه التموجات (واليوم نقول تنشر) حركة جانبية نماذجها تفسر فروقات الالوان. وذلك هو حال التقذح الحاصل على يد غريمالدي Grimaldi اثناء تجاربه على الانحراف.

وقد وجدت هذه الافكار الغامضة نوعاً ما تعبيراً صحيحاً عنها في نظرية مالبرنش Malebranche، وهي اول نظرية حديثة في الالوان.

نشرت هذه النظرية سنة 1699 فجاءت تالية للمبادىء الواردة في كتابات نيوتن حول ذات الموضوع. ومع ذلك فقد كان مالبرنش يجهل في تلك الحقبة نظرية نيوتن. فبدا عمل مالبرنش اصيلاً تماماً.

وقد اقترح مالبرنش، معتمداً على الشبه بين الضوء والصوت، اقترح تفسيراً ذكياً لتنوع الالوان.

في الصوتيات تتوافق الذبذبات الواسعة الى حد ما مع الاصوات المختلفة القوة. ومن جهة اخرى هناك ذبذبات متلاصقة الى حد ما تتطابق مع اصوات ذات غُنّات متنوعة. ولكن ضخامة الذبذبات الضوئية، لا تستطيع ان تؤثر في التلوين، كما هو الحال في الاصوات. ولكن هذه الضخامة تغير فقط في زخم الظاهرة. وللحصول على الالوان المختلفة اي على الاضواء ذات الطبيعة المتنوعة يجب الانطلاق من الذبذبات ذات السرعات المتنوعة وليس من الضخامة. وبقدر ما تتناقص السرعة، ننتقل من الابيض الى الاصفر ثم الى الازرق. والفرق عن الصوت يتأتى من ان الصوت سببه ذبذبات الهواء في حين ان الالوان تتأتى من ذبذبات في اثير لطيف.

« والامر بالنسبة الى الضوء والالوان المختلفة كما هو بالنسبة الى الصوت ومختلف النغم. وضخامة الصوت تتأتى من قوة ذبذبات الهواء العادي، وتنوع النغم يأتي من سرعة هذه الذبذبات بالذات. وقوة الألوان وبهاؤها يأتيان إذاً، وأيضاً من قوة الذبذبات، لا في الهواء، بل في المادة اللطيفة واختلاف انواع الالوان من سرعة هذه الذبذبات بالذات ». وتجعل النظرية الاولى، نظرية مالبرنش من الابيض لوناً كبقية الالوان. وفي سنة 1712 عندما اطلع مالبرنش على اعمال نيوتن غير نظريته. فاصبح لكل لون سرعة خاصة في الذبذبات. والبياض هو تراكم في هذه السرعات المختلفة. وهكذا اصبح الاتفاق مع أفكار نيوتن محققاً تماماً. وعلى كل حمل تشبيه الضوء بالصوت، تشبيهاً ادى

بمالبرنش الى تفسيرات ذكية جداً ، حمله على القول بوجود سبعة الوان اساسية . ان الذبذبات هي ارقام قابلة للقياس كما هو الحال في اهم الفرجات الموسيقية. وهذا التصور هو الذي اعتمده نيوتن اولاً . ومهما يكن من امر فالشعاع ذو الذبذبات الاسرع، اي البنفسجي يجب ان يكون الاكثر تحولاً في الموشور، وهذا ما ايدته نظرية التشتت.

وبعد موت مالبرنش نسيت نظريته حول الالوان تقريباً . وقد عاد اولر Euler الى فرضية الترابط بين اللون ووتيرة الاشعاع، دون ان يأتي على ذكر مالبرنش. وبذات الوقت ظهرت نظرية هوك Hooke الذبذباتية وكأنها قد تأثرت، في التموجات الكبرى في موضوع نشأة الالوان . ففي نظر هوك تنشأ الالوان عن التفاوت في توجه الذبذبات الضوئية عبر الاجسام الشفافة. ولكن ظاهرة الانكسار المزدوج تكشف على عدم تناظر في الحركة الذبذباتية للضوء . ووجود شعاع عادي وشعاع غير عادي بصورة آنية ومتتالية حمله على القول بوجود شعاع ضوئي مزود بوجهين متناظرين اي بوجود ذبذبات متعارضة ومستقلة. ولا يوجد اذاً الا لونان اساسيان مستقلان، سنداً لهوك ، وهما الاحمر والازرق .

يقول هويجن ايضاً ، ولاسباب مماثلة، بوجود لونين متتاليين يفترضهما الاصفر والاخضر.

ومع ذلك، وبعد اشغال نيوتن، قبل هوك اخيراً بتعدد لا متناهٍ في تنوع الالوان كما قال بترابطها بانكسار معين. كما نادى، وهو الامين على نظرية ذبذباتية خالصة، بان تتابع اللون الاحمر بعد الازرق مرهون بتوزيع القوة، اي زخم الذبذبات على طول الشعاع . واذا كان القسم الاقوى ـ وهو المرتبط عند هوك بزخم الذبذبة ـ هو الاول، يحصل الاحمر. وان انتقلت القوة الى الصف الثاني حصل الازرق. والفرق بين ضخامات الذبذبات قد يكون ظاهرياً خالصاً . وهو قد ينتج مثلاً عن الانفصال الخفي بين ذبذبتين مختلفتين واحدة قوية وواحدة ضعيفة . ذلك هو اصل تلوين الشفرات الرقيقة ، كما رأينا .

وباستثناء مالبرنش، عالج جميع الفيزيائيين، حتى مجيء نيوتن ، الالوان وكأنها اختلالات جوهرية او حركية اصابت ضوءاً يفترض انه نقي خالص. ويقوم تفسير التشتت على التفتيش عن كيفية تغيير الموشور لتركيب الضوء وحركته عندما يجتازه. وقد بنيت في هذا السبيل نظريات معقدة جداً . فقد ميز ماريوت Mariotte مثلاً بين ثمانية مبادىء تسود توزيع الالوان في حزمة منحرفة . والتجديد في البصريات النيوتونية يقوم على الغاء مسألة الضوء النقي واستبداله بمسألة الالوان .

انتاج نيوتن. الالوان النقية وتعقيدات الضوء الابيض. ـ اكد نيوتن، بعد اعماله حول التشتت ان النور الابيض يتألف من عدد من الالوان النقية التي يمتلك كل منها انعكاسية خاصة. « كل ضوء منسجم له لونه الخاص الذي يتوافق مع درجات انكساره. وهذا اللون لا يمكن ان يتغير لا بالانعكاس ولا بالانحراف ». (كتاب اوبتيك ترجمة فرنسية، كوست Coste, 1720 ص 136) .

هذه الالوان المفترضة 7 بدت فيما بعد لا حصر لها. وبعدها اصبح نيوتن يواجه عدداً من المسائل المضللة : هل توجد الالوان في الظلام ؟ هل هي صفات للاشياء المضاءة ؟ وبدون تردد اكد نيوتن ان الالوان تعود الى الضوء لا الى الاجسام. وبالطبع ان الاشعة الضوئية ليست بذاتها ملونة ولكنها تمتلك

قدرة او استعداداً لخلق احساس بهذا اللون او ذاك .

يقول بهذا المعنى : «ان الأشعة التي تظهر الاشياء حمراء تسميها حمراء . والاشعة التي تظهر الاشياء صفراء او خضراء او زرقاء او بنفسجية نسميها اشعة خضراء او زرقاء او بنفسجية » .

وقد تظهر الالوان بعض الخصائص الذاتية للاجسام المضاءة . ولكن هذه الخصائص ليست بذاتها تلوينية .

والاعتراضات على نظرية نيوتن سرعان ما تدفقت. وبعضها كان تجريبياً خالصاً . فقد قيل مثلاً ان خليط الالوان لا يمكن ان يعطي اللون الابيض . وقد قام الاب بارديز P.Pardies بالتجربة، ولكن فشله جعله يرفض نظرية نيوتن ويعتبرها مجرد فرضية . وبناءً على توجيهات تجريبية من نيوتن ، حصل فيما بعد على نتيجة مرضية .

ومن جهة اخرى وجد هوك انه من المستصعب القول بآن واحد بجوهرية الضوء ، وبوجود عدد لا نهائي من الالوان في داخله . فاذا كانت الالوان موجودة سابقاً في اللون الابيض ، فانه يوجد فيه فقط الالوان الاساسية . ولكن من الممكن ايضاً الظن بحدوث عدد غير محدود منها شرط ان نفترض ان الضوء ليس جوهراً بل مجموعة من الذبذبات في الأثير. الى هذا الرأي انضم هوك أخيراً .

في بداية اعماله ظل نيوتن اميناً لتصور جسيمي خالص، فحاول ان يفسر تنوع الالوان بتنوع الجسيمات المضيئة . فافترض أولاً ان الضوء يتألف من جزيئات متنافرة مزودة بانعكاسيات مختلفة. ثم قال بان الفرق بين الجزيئات المضيئة يقوم فقط على تنوع في ضخامتها وان الجزيئات الاصغر تتطابق مع اللون البنفسجي . واذا كان تنوع الالوان مرتبطاً بالاحجام وبالتالي بجرم الجسيمات المضيئة فان الانكسار مرهون بهذا الجرم لان دور الموشور هو ذاته في كل التجارب. وظن نيوتن انه بين بان انحراف الضوء هو ظاهرة جذبية. وقد حصل على قانون السينوسات عندما افترض بان الوسط الانكساري يجذب الجزيئات المضيئة . وهذا الاستنتاج يفترض، كما هو الحال في اسلوب ديكارت Descartes، ان سرعة الضوء تزداد مع زيادة ثقل المكان نوعياً . واكثر من ذلك ـ وهذا امر لم يره ديكارت ـ لم يكن قانون السينوسات صالحاً الا لان كل ضوء هو وحيد اللون. فمن الطبيعي اذاً بالنسبة الى نيوتن ان يفترض ان التشتت مثل الانكسار هو ظاهرة جذبية . وهذه الفرضية تظهر حالاً ما فيها من صعوبات خطيرة. اولاً يجب ان نفترض ان الجسيمات البنفسجية التي هي الاكثر انحرافاً هي ايضاً الاكثر انجذاباً ، وهذا امر غريب، لانها الاكثر صغراً .

ومن جهة اخرى هناك مجال للظن بان الانحراف والتشتت يجب ان يتناسبا، لانهما يغطيان نفس التفاعلية الانجذابية . وظن نيوتن وهو يجرب على موشورات من الزجاج انه قد تثبت من صحة هذا الحكم. واستنتج منه استحالة الغاء تيه اللون في العدسات وفي الموشورات. ولا يمكن لاجتماع العدسات، ان هو اقترن بمفعول انحرافي، اي ان انتج انحرافاً في الشعاع المنبعث ، هذا الاجتماع لا يمكن ان يكون بدون ظلال لوني، وهكذا دفع نيوتن الى اختراع التلسكوب ذي المرآة لكي يتفادي

النتائج المحتومة في تيهان الالوان. هذا الضلال « ضلال نيوتن » الذي حاربه أولر Euler، قبل بدون مناقشة بخلال القسم الاول من القرن الثامن عشر.

وعلى كل، وبعد 1672، لم يستبعد نيوتن مبدأ اثير متذبذب، وبين ان هذا المفهوم يتوافق مع وجود عدد غير محدود من الالوان. ان جزيئات النظرية المختلطة تحفز ذبذبات الاثير. وبعدها تتوافق صفات الموجة الحاصلة على هذا الشكل مع مختلف الالوان. ولكن الاتساع (لا التواتر كما هو عند مالبرنش) هو الذي يرتبط باللون .

مع مالبرنش ونيوتن تشكلت نظرية حديثة للالوان . وبخلال القرن 18 كان صحة هذه الاصلاحات المتداخلة تتثبت باستمرار. وتميزت الالوان بسلم من الوتائر وكل واحد من المكونات « الوحيدة اللون » Monochromatique تشكل لوناً صافياً . اما تكوين بصريات كمياتية ، وبخاصة نظرية رياضية للالوان ، فقد اتاح التأكد بشكل دقيق بطرق سوف تصبح الاكثر دقة في كل الفيزياء، دقة التصورات القاعدية. وسوف يكون تطور بصريات فرنل Fresnel اثباتاً للمبادىء الموضوعة بوعي من قبل مالبرنش وهويجن ونيوتن، كما سيكون مبرراً لطرق البصريات الرياضية الجديدة ..

الفصل الخامس :
المغناطيسية والكهرباء

« وبسبب تعطيل قطعة من العنبر بعد حفها بالصوف لقوانين الجاذبية ، اوجدت الفيزياء قوانين الكهرباء الستاتية . ولان قطعة مغناطيس تسحب الحديد رغماً عن قوانين الجاذبية بالذات ، صاغت الفيرياء ايضاً قوانين المغناطيسية » (الاب دوهيمP.Duhem .)

من المعلوم ان طاليس Thalès (القرن السادس قبل المسيح) في الغرب هو الذي يعود اليه الفضل الاول في الانتباه إلى هذه الشذوذات على قواعد الجاذبية ، او على الاقل جذب الانتباه اليها . ومضت قرون بعده ولم يضف احد شيئاً ايجابياً على المعرفة بظاهرات الكهرباء والمغناطيسية .

وللخروج من هذا الجمود، حدث امرٌ وجاء رجل :

اما الحدث فهو انتشار اكتشاف في الغرب في أواخر القرن الثاني عشر، يبدو ان الصينيين عرفوه في مطلع العصر المسيحي هو اكتشاف البوصلة (1). والقدرة النظرية للخاصية المدهشة التي يتسم بها المغناطيس الذي هو في اساس البوصلة ، هذه القدرة النظْرية تعادل الخاصية العملية التطبيقية . ونورد حرفياً ما قاله مؤلف في القرن السابع عشر هو وليم بارلو William Barlow ، بشكل مبالغ تقريباً انما موحٍ :

هذه الخاصية « . . هي المصدر الحقيقي لكل علم المغناطيس، بحيث انه لو عرفت عن المغناطيس صفات اخرى قبل ذلك، فان اسبابها كانت ستظل مجهولة تماماً ولم تكن لتكتشف قبل ذلك ».

والرجل الذي استفاد من هذا المصدر، الذي لم يكن علم المغناطيسية بل العناصر الاولى لهذا العلم هو الراهب من البيكاردي بيار ماري كور(2)Picard Pierre de Maricourt . في كتابه القصير حول المغناطيس، والموجه الى شخص اسمه سيغر فوكوكور Syger de Foucaucourt (ابستولا

(1) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصلين الرابع والثامن .

(2) راجع المجلد 1 ، القسم 3 ، الفصل الثامن .

بريغريني. . Epistola Petri Peregrini..1269) «يزاوج» بيار ماري كور Pierre de Maricourt بين المغناطيسية وعلم الفلك، بين التجربة المغناطيسية والعقلانية الفلكية. ويرى في الحجر المغنط الذي يتجه باتجاه محور السماء او باتجاه كرة الثوابت، « المثيل » لهذه الكرة وحدد عملياً، على الحجر المغنط وجود قطبين ووجود محور يجمع بينهما، وهذان القطبان يماثلان القطبين في الكرة السماوية والمحور الذي حوله تدور. وهكذا بعد ان حدد بنية المغناطيس، توصل بيار ماري كور Pierre de Maricourt الى اثبات مجموعة من الظاهرات المغناطيسية الاساسية .

وطيلة القرون الثلاثة الماضية من القرن الرابع عشر الى القرن السادس عشر لم يُنْتَس ما قاله ماري كور Maricourt. ولكن زعمه التشبيهي اهمل، وبدلاً من مجمل تصوراته الموحدة والمنظمة، وبدلاً من التجارب ومن الخصائص المغناطيسية الموضوعة من قبل الراهب البيكاردي Picardi، نجد بصورة مشتتة لدى مختلف المؤلفين عدداً من الاجزاء غير المنظمة. فضلاً عن ذلك ان تأويله الايجابي الوضعي للظاهرات المغناطيسية المستقي من علم الفلك نجد له، بحسب المؤلفين وبحسب وجهات نظرهم، تفسيرات تيولوجية وشاعرية وحيوية واحيائية وحركية او سحرية .

وعلى كل حال وضعت بعض الظاهرات الجديدة والمهمة، في المغناطيسية، موضع الابراز طيلة هذه الحقبة. والى هذه الايضاحات يعود الفضل في اكتشاف ما هو جوهري بالنسبة الى المستفيدين من البوصلة مثل البحارة، وايضاً السحرة في عصر النهضة. وقد ساهم هؤلاء جميعاً في ابراز ظاهرات المغناطيسية. واستعار جان باتيستا بورتا Giambattista della Porta (في كتابه السحر الطبيعي: الكتاب 1589,20) بعض تجارب ماري كور Maricourt فطورها واكتشف بعض الوقائع الاخرى المهمة.

وهكذا تشكل، بين القرن 13 والقرن 16 قسم من مجموع الظاهرات الاساسية في المغناطيسية. ولكن اذا استثنينا عمل بيار ماري كور Pierre de Maricourt، فان هذه العناصر الايجابية تغرق لدى افضل المؤلفين في ركام الاساطير والخصائص الخيالية والسرية او السحرية المعزوة الى المغناطيس. وظل الادب المغناطيسي ينقل حكايات من ايام بلين Pline، ويغتني بقصص خيالية عن بحارة، وهذه الحكايا تتعلق بصخور هائلة او جبال ممغنطة، فضلاً عن اختراعات المشعوذين الجدد في عصر النهضة.

في هذا الوضع ظهر في لندن سنة 1600، وفي السنة الاولى التي بدأ فيها القرن السابع عشر، المؤلف الذي سوف يغير نهائياً مجرى تاريخ المغناطيسية وهو : « في المغناطيسية. » لمؤلفه وليم جيلبرت William Gilbert (1540 – 1603). وقد لقبه معاصروه بحق « ابو الفلسفة المغناطيسية ». وقد قرأ جيلبرت Gilbert كل المؤلفين القدامى والمحدثين الذين عالجوا موضوع المغناطيس وعرف كتبهم تفصيلاً. في مقدمة كتابه اعلن جيلبرت عن عزمه على التخلص نهائياً من اسلوب التفلسف الذي جرى عليه سابقوه الا ان هذه المقاطعة الجذرية فعلاً لم تكن كاملة : فقد كان لاحد السابقين مقام عنده هو بيار ماري كور Pierre de Maricourt. واذا كان قد تكلم عنه قليلاً فانه مدحه كثيراً. والمقارنة بين كتاب جيلبرت في المغناطيسية وكتاب ماري كور: « رسالة في المغناطيسية » تظهر بدون ادنى شك تأثر

جيلبرت كلياً بالراهب البيكاردي. وقد ذهب بعض معاصري جيلبرت الى حد اتهامه بانه سرق عن الراهب.

والاتهام كاذب وظالم ولكن من المهم التذكر، بهذا الشأن، بان التأثير هو سببية معقدة، حيث، كما اشار آ. كواري A.Koyré، «يكون المفعول سبب سببها». والى جيلبرت Gilbert يعود الفضل الاول في تقدير اعمال ماريكور Maricourt واتخاذه اياه نموذجاً. فقد اخذ عنه، اخذاً نقلاً، تصوره التشبيهي للمغناطيس واسلوبه التجريبي. ولكن جيلبرت اراد الذهاب ابعد من سلفه، ودعا قراءه الى اتباعه ضمن الطريق الجيد المستعاد.

وقد طبع تاريخ المغناطيسية كله، بخلال القرن 17 بطابع جيلبرت. وتمت العودة الى عمله، فانتقدت تفسيراته وتصوراته، لما فيها من اسراف، وكررت تجاربه واستكملت. وانتقدت انتقاداته بدورها. وهكذا، ابتداء من جيلبرت الى هويجن، مروراً بكابو Cabeo وديكارت Descartes وبويل Boyle، اكتفاءً بذكر المؤلفين الاكثر اهمية، حققت المغناطيسية سلسلة من الانجازات الحاسمة في جميع الاوجه: نظام المغناطيس والمغناطيسية الموضحة، تحديد نطاق ومكانة العلم الجديد،تشكيل الاحداث الاساسية في المغناطيسية.

وفي سنة 1687 ظهر كتاب «الفلسفات الطبيعية والمبادىء الرياضية» لنيوتن، بمبحثه المعرفي (ابيستمولوجيا) الجديد، وما فيه من تصور جديد للجاذبية الكونية ونموذج الجاذبية الارضية، فاعطى للمغناطيسية العناصر الاخيرة اللازمة لها لتكون علماً فيزيائياً رياضياً.

وهذا الحدث لم يقع الا في الربع الاخير من القرن الثامن عشر. فلماذا توجب انتظار حوالي قرن من الزمن، حتى تطبق على الظاهرات المغناطيسية النموذج النيوتني، وحتى تتم صياغة القانون الاساسي في المغناطيسية (قانون كولومب) الذي يشبه شكلاً قانون الجاذبية الكونية؟ سوف نبين ان القرن 17 هو المسؤول جزئياً عن هذا التأخير.

وكما ان القرن 17 لم يتوصل الى استخلاص قوانين المغناطيسية، فانه لم ينجح كذلك في صياغة قوانين الكهرباء الجامدة (الكتروستاتيك). الواقع انه لم يكن يمتلك الوسائل الكافية لكي يخلق العلم الكهربائي، ولم تكن لديه الرغبة في ذلك، نظراً لانعدام الوعي الحق لاهمية ولخصوصية الظاهرات الكهربائية. وعمله (أي القرن 17) وانجازه في هذا المجال لا يشبه في شيء انجازه الذي تحقق في مجال المغناطيسية، ولكنه يبقى رغم كل شيء مهماً.

I ـ انجاز القرن السابع عشر في المغناطيسية

في القسم 4 من «المبادىء الفلسفية» المنشور في امستردام سنة 1644، انصرف ديكارت في الفقرة 145، «لتعداد كل خصائص المغناطيس»، تعداداً ضرورياً «..من اجل تبيين ان كل هذه

الخصائص وكل التجارب الغريبة التي استطاع المعجبون بالمغناطيس اكتشافها، حتى الآن، يمكن ان تفسر بمثل هذه السهولة بفعل. . (المبادىء التي عرضها ديكارت في الفقرة 135). . . وان هذا وحده يكفي للاقناع بصحتها. . . ».

واذا أخذ هذا التعداد بذاته، خارجاً عن كل عودة الى الهدف الديكارتي، فانه يستعرض تقريباً مجمل ظاهرات المغناطيس المعروفة في القرن 17. فقد كان نصف هذه الخصائص تقريباً ثابتاً قبل سنة 1600، ولكن، كما سبق القول، الى وليم جيلبرت William Gilbert يعود الفضل في كشفها من جديد وعزلها عن مجمل الخصائص السحرية او الوهمية التي كانت تغشيها .

1 ـ تعداد خصائص المغناطيس

ما قدمته القرون الوسطى ـ ان المغناطيس الحر في حركاته يأخذ اتجاهاً محدداً في الفضاء. فيتجه احد اطرافه دائماً، وفي اي مكان ناحية الشمال ويتجه الطرف الاخر نحو الجنوب. ونسمي هذين الطرفين بالقطبين: قطب الشمال وهو طرف الابرة الذي يتجه نحو الشمال، وقطب الجنوب وهو الطرف الذي يتجه نحو الجنوب[1].

«ان القطب الشمالي في « الحجر » المغناطيسي يجذب القطب الجنوبي في الحجر الاخر، والقطب الجنوبي يجذب قطبه الشمالي. وبالعكس ان قربنا القطب الشمالي من القطب الشمالي هرب الحجر. . . وكذلك ان قربنا القطب الجنوبي من القطب الجنوبي » (بيار ماري كور Pierre de Maricourt).

وعندما يوجه قطبان من اسمين مختلفين نحو بعضهما البعض يقتربان حتى الملامسة ويجتمعان ليشكلا مغناطيساً واحداً. وبالعكس (تجربة المغناطيس المكسور)، ان قسمنا مغناطيساً واحداً بحيث يكون سطح القسمة قاطعاً بزاوية قائمة الخط الذي يجمع بين القطبين او ما يسمى بمحور*المغناطيس، فان النقطتين من الخط المقطوع هكذا، واللتين كانتا متلامستين من قبل، والتي اصبحت احداهما في احدى قطعتي المغناطيس، والاخرى في الاخرى، هاتان النقطتان تصبحان قطبين متعاكسين، بحيث ان إحداهما تحاول أن تتجه نحو الشمال والأخرى نحو الجنوب .

اذا مغنط مغناطيس ما قطعة حديد في طولها، بواسطة التماس: « يتجه القسم الذي لمس الجهة الجنوبية من المغناطيس نحو شمال السماء وبالعكس يتجه القسم الذي لمس الجهة الشمالية من المغناطيس نحو جنوب السماء » (بيار ماري كور).

ومغنطة الحديد ليست ثابتة. اذ يمكن تخريبها بسهولة، وقلب اتجاه القطبين وذلك عن طريق

(1) نأخذ التعداد الديكارتي كمرشد، ونستعمل بعض التعابير الديكارتية، ولكن نذكر الخصائص بحسب ترتيب اكتشافها تاريخياً .

التماس من جديد بواسطة قطبين متعاكسين. ان حجر المغناطيس وقطعة الحديد الممغنطة يتجاذبان ويتباعدان بحسب نفس القانون الذي يحكم مغناطيسين.

هذه المجموعة الاولى من الظاهرات الاساسية، التي وصفها بيار ماريكور، والتي اتخذها كلها وليم جيلبرت تشكل كلاً منظماً، او سلسلة تثبت كل صفة فيها الصفة التالية.

ما قدمه عصر النهضة ـ يمجد كريستوف كولومبُ لانه اكتشف سنة 1492 الميل المغناطيسي، واختلافه من مكان الى آخر في الكرة الارضية. وقد نسب الانكليزي روبير نورمان Robert Norman (توفي 1596)الى نفسه فضل اكتشاف الانحراف وتغيراته المحلية. لا شك أنه جهل يومئذٍ الكتاب الذي تكلم فيه جورج هارتمان G.Hartmann سنة 1544 عن تغيرات الانحراف المغناطيسي. ومهما يكن من امر تعتبر مساهمة المؤلف الانكليزي (الذي يصفه جيلبرت بانه بحار بارع وحرفي مُبدع) عظيمة. فقد اثبت في كتابه « الجذب الجديد » (1581) انه يتوجب وضع وزن في القطب الجنوبي من اجل جعل الابرة المغناطيسية افقية، ولكن الانحراف لم يكن بسبب مادة ذات وزن : اذ لو كان هذا صحيحاً، لما كانت الإبرة تميل نحو الاسفل، بل تميل عامودياً؛ ومن جهة اخرى لما كان للإبرة نفس الوزن قبل المغنطة وبعدها. وصاغ نورمان، زيادة على ذلك، الرغبة في رؤية اجراء قياسات الميل والانحراف في مختلف مواضع من الارض. (كان يجهل ان مركاتور Mercator ، في سنة 1546 قد سبق ووضع خارطة اولى حول اختلاف الانحرافات). وفي سنة 1585 نشر وليم بورو William Borough كتاباً اعتبره تكملة لكتاب نورمان، عرف فيه بشكل دقيق خط الطول المغناطيسي، واشار الى طريقة قياس الانحراف، كما اشار الى نتائج قياسات الميل في مختلف المواضع

وطور بورتا Porta في الكتاب السابع من مؤلفه (1589) تجربة المغناطيس المكسور التي اجراها بيار ماري كور. وعمم، بشكل أولي النتائج التي حصل عليها مبيناً أن هذه النتائج تعود الى الظهور مهما كان شكل المغناطيس المكسور، ولا يشترط ان يكون شكله كروياً، (وهو الشكل الوحيد المعتبر من قبل ماري كور) : « ان القطبين اللذين يظهران عند الكسر هما نقطتان موجودتان تماماً على الخط الذي يجمع بين القطبين الابعدين في المغناطيس الاول » (جان دوجات) J.Daujat. وكسر فيما بعد المغناطيس، انما بشكل غير عامودي كما فعل ماري كور على محوره، انما فوق المحور بالذات : فان القسمين في كل من القطعتين الجديدتين اخذا يبعدان عن الطرفين في القسم الاخر القريبين قبل القسمة. وهكذا ثبت بورتا Porta فكرة بيار ماري كور، المستعادة في القرن السابع عشر وبموجبها تشبه خصائص كل قسم من المغناطيس الخصائص التي وجدت في المغناطيس قبل قسمته.

وكان بورتا هو اول من اشار الى ان شفرة الحديد المطبقة الى احد قطبي المغناطيس تحول قدرته على سحب قطعة حديد اخرى نحو هذا القطب بالذات، في حين كان الاعتقاد سائداً بان قوة المغناطيس لا يمكن ان تحول او تحجب باي جسم كان. ويبدو اخيراً ان بورتا كان الاول في اثبات ان نخالة الحديد تصطف وفقاً لترتيب معين حول المغناطيس (وهذا ما يسمى بالطيف المغناطيسي) وان الحرارة تنزع المغناطيس.

وهناك تجربة اخيرة، كان لها اهمية نظرية قصوى، يجب ان تسجل لصالح القرن 16: لقد بين روبير نورمان Robert Norman ان النقطة التي تتجه نحوها البوصلة، لا تجذبها بل توجهها، وتعطيها اتجاهاً وليس نقلاً (Translation): وقد وجد، بالتالي، انه من الضروري تسميتها « نقطة التوجه » بدلاً من نقطة الجذب.

ما قدمه القرن السابع عشر - بقي للقرن السابع عشر ان يكتشف التنوع المؤقت في الميل Déclinaison. وقد بيّنه جليبران Gellibrand سنة 1636. الى القرن 17 يعود ايضاً الفضل في تصور وتحديد المغناطيسية الارضية. لقد فرض وليم جيلبرت فكرة ان الارض في مجملها هي مغناطيس (وليست مجرد مكان لمناجم مغناطيسية موجودة في بعض الاماكن من الارض. وقد ربط بالتالي بالمغناطيسية الارضية، المتصورة على هذا الشكل ظاهرات التوجه Direction والانحراف Déclinaison والميل Inclinaison.

ولم يلاحظ جيلبرت Gilbert ان الارض هي مغناطيس ضعيف. لقد رأى فيها الجسم المغناطيسي الاكثر كمالاً، والمغناطيسيات الاخرى لا تكتسب خاصيتها الا من خلال طبيعتها الارضية. وصحح الاب غراندامي Grandamy تصور جيلبرت: رغم كبر الارض وضخامتها، فان الطاقة المغناطيسية فيها لا تبدو قوية فيها الا في غالبية الصخور المغناطيسية الشديدة الصغر نسبياً . .

ومن اهم اكتشافات جيلبرت هو اكتشافه المغنطة بدون تماس، « بالتأثير ». وهذا دفعه الى لاعتراف بان النار قد تتلقى القدرة المغناطيسية من الارض، حتى في حال عدم وجود اي مغناطيس، وان الارض او غيرها من المغناطيسيات يمكن ان تبعد قوة مطلق مغناطيس، ان هو بقي لمدة طويلة موجهاً بشكل آخر، في مواجهة احد المغناطيسات او العديد منها، القريب او القريبة منه، حتى انه لا ينزع إلى البرم والتحول بصورة طبيعية.

وعند دزمن جيلبرت لتغير الاثار المغناطيسية تبعاً للمسافة، فقد حمل الى التمييز، حول مغناطيس كروي، بين كرة ذات جذب مغناطيسي وكرة ذات اثار موجهة، تمتد أكثر بكثير. هذا التمييز يجب ان يربط، كما سنرى، بالتمييز بين « النقطة الموجهة والنقطة الجاذبة »، التمييز الذي قال به نورمان Norman.

في القرن السابع عشر فقط لوحظ ان اقتراب مغناطيس من قطعة حديد بشكل مستطيل، فانه يتلقى الطاقة المغنطيسية دائماً بحسب طوله.

وذكر فيه ايضاً ان الصدأ والرطوبة وليس الحرارة فقط هي التي تعطل قوة المغناطيس.

وأخيراً انه في هذا القرن اكتشف «ديكارت الشكل الحلقي لما نسميه اليوم انابيب القوة المغناطيسية. . » (ي بوير) E.Bauer وعلق اهمية نظرية بالغة على ظاهرة الشبح المغناطيسي.

وبعد ان بيّنا الخصائص الرئيسية للمغناطيس التي عددها القرن 17، فاننا الآن سندرس المفاهيم التي اتاحت التثبت من هذه الخصائص والتفسيرات التي اعطيت لها .

2 ـ نظريات المغناطيسية

وليم جيلبرت ـ William Gilbert ترتبط نظرية المغناطيسية عند وليم جيلبرت بفكرة اساسية هي فكرة ان الارض في مجملها هي مغناطيس. فهو يرى ان الارض ليست مغناطيسية لانها تحتوي جواهر مغناطيسية، بل ان الجواهر الارضية بطبيعتها هي مغناطيسية. ان القوة المغناطيسية جوهرية في الارض، في الجوهر الارضي. واذا كنا نجد المغناطيسية في الحجر المغناطيسي وفي الحديد، فذلك لان طبيعتها ، اكثر من طبيعة بقية الاجسام الاخرى، هي طبيعة الارض بالذات .

ان الخصائص المغناطيسية كلها تعود، في نظر جيلبرت، لا الى المادة التي منها تتكون الارض، بل الى « الشكل النجومي Astral » الذي اعطاها الله اياه. هذا الشكل المغناطيسي هو « القوة الخلاقة الاولية » هو الشكل الاول والرئيسي في الكوكب الارضي. انها مخصوص بكوكب معين. هذا الشكل هو في تصور جيلبرت هو شكل زرعت فيه الحياة .

كتب يقول : « ان القوة المغناطيسية حية روحية او انها تشبه الروح . وهي من عدة أوجه تتجاوز النفس البشرية. . » ففي حين تستخدم الروح البشرية « . . العقل، وترى الاشياء وتبحث. . ، فان الشكل المُحْيَ للكرة الارضية (مثل شكل بقية الكواكب) بدون اعضاء حواس، وبدون اخطاء ، وبدون امراض ، تمارس بصورة دائمة عملاً مستمراً ، سريعاً ومحدداً ، وثابتاً ، وموجهاً ، الخ . عبر كل كتلة المادة. . . » .

هذا الاثر لا يقتصر فقط على المادة المغناطيسية. انه ينتشر في الجو المجاور. حول الارض، « تنتشر اشعة القوة المغناطيسية في كل مكان في مناطق موحدة المركز ». والجسم القابل للمغنطة ، عندما يوضع ضمن اطار تأثير الارض، فهو لا يتلقى، بالمعنى الصحيح ، شكله المغناطيسي من الارض ـ لانه يمتلكه، مسبقاً ، بحكم المماثلة والمشابهة في الطبيعة. الا ان هذا الشكل « يوقظ أو يبعث» ،و« يزاد » . ان القوة المغناطيسية في الجسم الممغنط تنتشر بنفس الشكل حوله، في الفضاء .

كيف تصور جيلبرت هذا الانتشار للقوة المغناطيسية، خارج الاماكن المغناطيسية ؟ .

« نحن لا نقول ان الاشكال المغناطيسية ومداراتها (Orbes) موجودة في الهواء او الماء او غيرهما من الاماكن غير المغناطيسية ، كما لو كان الهواء او الماء يتلقيانها او يتأثران بها. لان القوى لا تكون فعالة ولا تبقى حقاً الا عندما تكون الاجسام المغناطيسية موجودة. . . ان المغناطيس يحفز فقط الاجسام المغناطيسية الواقعة على مسافات مناسبة ».

وينتج عن الشكل المغناطيسي مختلف الحركات المغناطيسية الطبيعية التي تمتلكها الارض،

وعددها ثلاث: حركة « كواسيو» Coitio (التي تسمى عادة بالجاذبية)؛ حركة التوجيه (تعيين الاتجاه Verticity)؛ واخيراً حركة الدوران (او البرم على الذات) .

ان الأجسام الممغنطة ، كحجر المغناطيس او الحديد، تمتلك هي ايضاً هذه الحركات الثلاث. وهي كالارض تجذب، وهي مثلها توجه، ولكن حركتها التوجيهية تتأثر بجوار الارض، وبموقعها الخاص ضمن دائرة مفعول الارض : وهذه الحركات بدلاً من ان تأخذ او تدل على الاتجاه الذي تتخذه الارض ، فانها تحرف وتميل، واخيراً اذا كانت المغناطيسات، من حيث المبدأ، تستطيع ان تتحرك بحركة دائرية ، فهي لا تأخذ بالواقعْ هذه الحركة، لانها اي الحركة معكوسة ومصدودة بعنف بالجاذبية الارضية . فبالنسبة الى جيلبرت : الجاذبية الارضية هي الجذب الذي تنفذه مادة الارض على مادة المغناطيس، جذب يعبر عن نزوع كل مادة كوكب معين الى التجمع. واذا كانت الارض في مجملها تستطيع ان تدور حول نفسها، فذاك لان الجرم الارضي هو في حالة توازن كامل حول محوره.

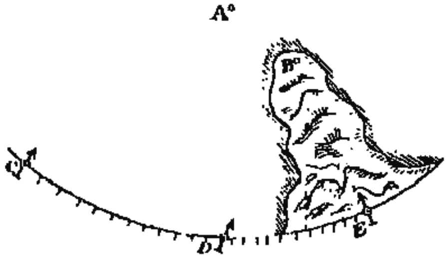
ينتج الجذب المغناطيسي، الذي يميزه جيلبرت عن الجاذبية الأرضية؛ « عن التأثير المتبادل » الذي به تنزع الاجسام الممغنطة لا الى التكتل او التجمع في كتلة مادية واحدة، بل الى اعادة تكوين ذاتها أي الى اعادة تشكيل جسم فعلي من الكتلة المادية ، له شكل (بمعنى التشكّل المادّي) وحيد ، أي لتشكل مغناطيساً واحداً له قطبان وله محور .

والارض بقوتها (او بروحها المغناطيسية تأخذ وتحتفظ بتوجهها في الفضاء ، المكان الذي اراده الله لها. وكما ان المغناطيس المبعد عن اتجاهه يعود اليه، منذ ان يصبح حراً ، كذلك الارض ، بالفرض المحال، ان ابعدت عن موضعها في الفضاء ، فانها تعود اليه طبعاً بقوتها المغناطيسية . ان القطبين الحقيقيين للارض، القطبين النجوميين، ليسا، في نظر جيلبرت، مجرد نقطتين جيومتريتين « كما اعتقد كل الناس (قبله) » بل هما نقطتان فيزيائيتان .

ان اي مغناطيس، حر في حركاته، يأخذ مثل الارض اتجاهاً في الفضاء . ولكنه، كما سبق القول، ينحرف ويميل. ويعارض جيلبرت كل الذين « حلموا »، لكي يدللوا على الانحراف، بمناجم من المغناطيس موجودة على بعدٍ من القطبين الجغرافيين. وهذا هو السبب الحقيقي بحسب رأيه. لو كانت كرتنا كرة مكتملة ومتناسقة، لكانت الابرة الممغنطة اتجهت تماماً نحو الشمال. ولكنها غير متساوية سواء في تكوينها (قارات ، بحار ، ومغائر ارضية تحتية)أو في تركيبها. وينتج عن ذلك « ان هذه القوة الشاملة للارض ، فوق سطحها ، تبعد الاجسام المغناطيسية نحو الاقسام الممغنطة الاكثر قوه والاكثر ارتفاعاً » (الصورة 30). كان جيلبرت يعلم انه لا يمكن تحديد طول مكان سنداً لمعرفة الانحراف. وبالمقابل، كان يؤمن، وهذا هو استنتاج كل النظام، بانه في كل نقطة تتجه الابرة نحو الوجهة التي تميل بها اليها « قوة الارض الشاملة ». واذن فهذه الوجهة تتأثر بقرب الرواسخ القارية أو حتى بالجزر البسيطة .

اما الميل Inclinaison، فهو مرتبط بالصورة الجيومترية الخاصة التي يكون عليها المغناطيس

الارضي، الصورة الكروية . وبالفعل اذا اعطينا لحجر مغناطيسي شكلاً كروياً ، فاننا نلاحظ اثناء نقلنا فوق سطحه، لابرة ممغنطة متوازنة انها تميل: عند خط الاستواء تكون الابرة مماسة للكرة اي انها عامودية بالنسبة الى القطبين وفوق سطح الارض، تتيح بوصلة الميل Inclinaison (التي عرفها جيلبرت) العثور على نفس القانون . ان الميل مرتبط بالطول (الموقع فوق خط الطول)، الا انه غير متناسب معه ، لان التغير ينقص من خط الاستواء نحو القطب . والبناء الجيومتري الذي يقترحه جيلبرت، لكي يشرح هذا القانون ، هو احد هذه الابنية الجميلة (الخاطئة غالباً) التي قدمتها الفيزياء الجديدة في القرن 17 لكي تترجم رياضياً الظاهرات .



صورة 30 ـ تأثير الكتل الكبيرة على اتّجاه البوصلة . في منطقة متجانسة ، C ، تتّجه البوصلة نحو القطب A (يفتقر الرسم إلى الدّقة) . في D وفي E تسبّب الكتلة B بانحرافها . (و. جيلبرت ، De magnete ، ص 183) .

والميل اخيراً ليس سببه جذب المغناطيس الارضي بل هو ناتج عن تأثيره التوجيهي .

لنتأمل اخيراً في الحركة المغناطيسية الثالثة الطبيعية: حركة دوران الارض حول محورها. ان القرن 17، بمجمله لم يأخذ، وهو مصيب، بهذه الحركة التي نادى بها جيلبرت. لقد فتش عن تفسير للحركة اليومية للارض، ضمن سبب ميكانيكي لا مغناطيسي. الا ان جيلبرت يرى ان هذه الحركة ، ان امكن القول، هي الاهم في نظره. لان كل فلسفة مغناطيسية هي في خدمة مفاهيمها النجومية والكونية. فجيلبرت، الميال، من بين الاوائل، الى حركة دوران الارض، اراد المدافعة عن هذه الحركة، ضد اعتراضات الارسطيين. فهو يقبل، مع هؤلاء بالتمييز بين الحركات الطبيعية والعنيفة، ولكنه يهتم بان يثبت ان الدوران على الذات هو حركة طبيعية وليست حركة عنيفة. وظن انه يجد في المغناطيسية الاسس الفيزيائية لهذا البرهان . مستلهماً في هذا عمل بيار ماريكورPierre de Maricourt، كما سنبينه الآن .

بيار ماريكور Pierre de Maricourt وجيلبرت Gilbert ـ يقول بيار ماريكور لمراسله « يجب عليك ان تعلم، ان هذا الحجر (المغناطيسي) يحمل في ذاته شبه السماء » وهذه المشابهة ليست بارزة بشكل مباشر، والتحليل العقلي لا يمكنه ان يقررها او يثبتها بمفرده. ان على الفن ان يثبت وجودها ويبرزه.

يوصي بيار ماريكور الحرفي ان ينتقي حجارة مغناطيسية جيدة النوعية ومتجانسة. ويجب عليه، فيما بعد « . . . ان يعطي للحجر شكلاً مدوراً (كما هو شكل الكرة السماوية) وذلك بواسطة الآلة المستعملة لهذه الغاية في البلورات وغيرها من الاحجار ».

فاذا تم انجاز هذه الاعمال الاولية، عندها يمكن اقرار وتطوير المماثلة النجومية المغناطيسية.

كتب يقول : « في السماء ، هناك نقطتان ملحوظتان، لان الكرة السماوية تدور حولها كما حول محور، اولاهما تسمى القطب الشمالي والثانية القطب الجنوبي. ومثل ذلك، انك واجد في هذا الحجر، نقطتين تسمى اولاهما القطب الشمالي والثانية القطب الجنوبي » وقطبا الكرة السماوية هما النقطتان حيث تتلاقى كل الدوائر الكونية المسماة السمت Azimuts. ان قطبي المغناطيس هما كذلك نقطتا تلاقي الدوائر الكبرى التي سوف تظهر فوق الحجر المقصوب بالشكل التالي : « . . . نضع فوق الحجر ابرة أو قطعة حديد بطول متوازن كالابرة ، ويحسب اتجاه الحديد نخط خطاً يقطع الحجر نصفين . وبعدها نضع الابرة أو قطعة الحديد في مكان آخر من الحجر وبالنسبة الى هذا المكان أيضاً نخط خطاً جديداً . وان شئت تفعل نفس الفعل في عدة أمكنة ، وبدون أدنى شك ، تلتقي هذه الخطوط عند نقطتين » .

هذه المماثلة لا يتصورها بيار ماريكور Pierre de Maricourt كمشابهة رياضية خالصة ، تغطي حقائق مختلفة بصورة اساسية. ان مشابهة « السماء » التي يحملها الحجر في ذاته، تعبر عن مماثلة طبيعية . ان المادة الاثيرية / غير القابلة للفساد والمتكونة منها الكرة السماوية (من ضمن مواد مختلفة) والمادة الثقيلة والقابلة للفساد والتي يتكون منها حجر المغناطيس، لها نفس الشكل الذي يعطي للكرة السماوية ولحجر المغناطيس، ذات الصفة النوعية ، وهو ايضاً مصدر نفس الحركات الطبيعية ، ونفس الغرائز، ونفس الشهية . هذه القناعة كانت عنده كبيرة الى درجة انه اعتقد بانه من الممكن ان يكون لحجر المغناطيس حركة دائرية محورية متجانسة تشبه حركة الكرة السماوية : المدعومة بلطف بقطبيها ، ومحورها مرتكز على خط الطول الجغرافي او المغناطيسي (وهما غير متفارقين في نظره)، انها حجر دائري تماماً يجب ان يدور تحت تأثير من السماء .

ونقل جيلبرت Gilbert هذه التصورات في نظامه الفلكي. وقطع حجر المغناطيس الى كرة ، لا على شكل الكرة السماوية بل على شكل الكرة الارضية : وسماها « ترالا » Terrella ابنة الارض . اما خطوط الطول والقطبان، ومحور المغناطيس، التي جعلها كلها بشكل مماثل تماماً للشكل الذي صنعهُ بيار ماريكور فلم تكن مماثلة للسماء بل للارض ، وهكذا اذا تغيرت كل المعاني عند الانتقال من « ابيستولا دي مغنيط Epistola de Magnete . . » الى « المغنيط . . » فإن البنيات ظلت كما هي .

ورغم ان هذه المماثلة الفلكية لم تحفظ، من قبل العلم، فان دورها كان ضخماً ، اذ انها هي التي اتاحت تصور المغناطيس كشيء طبيعي لا كشيء فوق الطبيعة ، سحري، وخفي. ثم ان هذه المماثلة، اتاحت، ايضاً، نوعاً من الريضنة للمغناطيس. ونخطىء حين نعتبر بان خطوط الطول المغناطيسية، والكرات المؤثرة الخ. التي يتكلم عنها بيار ماريكور وجيلبرت، تغطي مفاهيم خط القوة، وسطح المستوى. . . هذان المؤلفان اعطيا للمغناطيس، للفضاء الداخلي، ولسطحه ولفضائه المجاور بنية طوبولوجية Topologique متميزة، لا بنية مترية .

كابو Cabeo وكبلر Kepler ـ لم يبخل خلفاء جيلبرت Gilbert، في القرن السابع عشر، عليه بالمديح والاعجاب، سواء كانوا من الارسطيين مثل كابو Cabeo وتلامذته غرانداMي Grandamy وكيرشر Kircher وليوتود Léotaud، ام كانوا كوبرنيكيين Coperniciens مثل غاليلي وكبلر Kepler.

يقول كابو، في كتابه« فلسفة مغناطية » (1629) بدون تحفظ تقريباً ، بالعمل التجريبي الذي قام به جيلبرت ، ولكنه يناقش تفسيراته وشروحاته النظرية . ويبني من جهته نظرية مختلفة هي النظرية الارسطية حول المغناطيسية والتي كانت مفقودة حتى ذلك الحين. وطبق على نتائج جيلبرت المفاهيم التي وضعها شرّاح ارسطو، والاسكندر الافروديسي Alexandre d'Aphrodisias حتى ابن رشد Averroès وسان توما Saint Thomas وطورها. واكتسب ايضاً الفضل العظيم في انه بحث، ، عن ماهية السبب. . . الرياضي الذي يجعل القوة المغناطيسية تنتشر : في كل نقطة من كرة تأثيرها يجب ان تكون للقوة ضخامة وادارة وتوجه يتلاءم مع بناء رياضي .

واخيراً ، رفض حركة الدوران المغناطيسي، التي قال بها جيلبرت، ورد الحركتين الاخريين الى حركة واحدة. وبصورة ادق لقد شرح بنفس الاسلوب حركات الجذب والتوجيه: ان الحركة الطبيعية في المغناطيس هي حركة الادارة والتوجيه .

كتب يقول : « ان الجاذبيات المغناطيسية، لا تتأتى عن شيء آخر غير الاستقطاب (التناقض الكامل) Polarité الذي اشرنا اليه كوسيلة توجيه نحو قطبي الارض بحيث ان الجسم المغناطيسي بنفس الحركة الواحدة، له كمال ضروري قادر بآنٍ واحد على جذب الحديد، والتوجه نحو قطبي الكون ، وان بدا جيلبرت بعكس هذا الرأي. . . ان المغناطيس الحر، وبذات القدرة التي توجهه باتجاه وبوجهة معينين يتحرك ايضاً لكي يقترب من المغناطيس الآخر» .

لم يضف غاليليه شيئاً الى دراسة المغناطيسية التي قام بها جيلبرت. اما كبلر فقد استفاد منها بشكل مميّز. فقد ماهى بين المغناطيسية والجذب الكوني (في حين ان جيلبرت ميز بينهما) فبالنسبة اليه، كل القوى النجومية هي مغناطيسية. الشمس تدور حول نفسها وتحرك العالم النجومي بحركتها الذاتية (Species motrix) نوع جنس. ويفسر المدار الاهليلجي للكواكب وللارض (التي لا يقول جيلبرت بدورانها حول الشمس) يفسر بالاستقطاب (في المغناطيسيات الكواكبية، التي تجتذب وتدفع دورياً وتتالياً، من قبل المغناطيس الشمسي، والتي من جراء هذا، تذهب سريعاً نوعاً ما (ان السرعات تتناسب عكسياً مع المسافات) لان القوة المحركة المنبثقة عن الشمس، تخف بفعل المسافة » (آ. كواري) A.Koyré.

ديكارت Descartes بويل Boyle، وهويجن Huygens ـ قليل من التجارب، انعدام الحساب اطلاقاً، نظرية طموحة تشكل في تفصيلاتها قصة حقيقية ، لهذا كله كانت الدراسة التي قام بها ديكارت للمغناطيسية مخيبة للامال في نظر العلم الوضعي. ولكنها مهمة في الاعداد الفلسفي لعلم المغناطيسية .

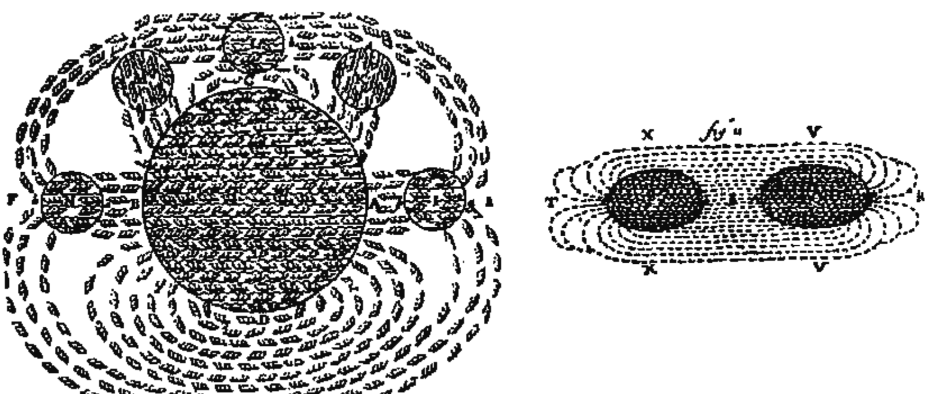
تشكل الأشكال المغناطيسية الحية او غير الحية التي وضعها جيلبرت Gilbert وكبلر Kepler او كابو Cabeo ، هذه الطبائع التي تولد حركات مغناطيسية طبيعية تشكل بالنسبة الى ديكارت أمثلة من الأوهام التي تعيق الفيزياء والتي تتأتى عن غموض الأفكار في النفس والجسد وقد استبعدها هو من المغناطيسية ، كما استبعدها من أقسام أخرى من الفيزياء .

ومهما كان من امر التجاوز الحتمي في المشروع الديكارتي، فقد كان هذا المشروع مفيداً للعلوم عموماً وللمغناطيسية خصوصاً .

لقد اراد ديكارت ان يبين خلو المغناطيس من الصفات الخفية التي ليس لها اي علاقة في الانسجام أو في التنافر ولا أي مفعول عجيب لا يمكن تفسيره انطلاقاً من مبادئه: أي من الضخامة والصورة والوضع والحركة. فقد اراد ان يحطم بصورة خاصة ما سوف يكون خطيرا جدا فيها بعد وهو فكرة الجذب العفن كما يردد كل الديكارتيين عن القدرات الخفية :

«إذ لا يوجد بالفعل اي جذب في هذا ولكن حالما تصبح الحديدة ضمن كرة فاعلية المغناطيس، تنتقل اليها هذه الفاعلية، من خلال اجزاء ذات قنوات، تطرد الهواء بين الاثنين بحيث يقتربان : اي ان المغناطيس والحديدة يدفعان احدهما نحو الآخر بواسطة الهواء المجاور الذي ينـدفع داخل الفراغ المحفور على هذا الشكل ».

ان العلم الوضعي لم يحفظ شيئاً لا عن الاقسام ذات القنوات التي هي اشكال من اللوالب في المادة اللطيفة التي تضرب الأجسام بشكل لا يتوقف ، وليست هي كذلك مسام تمر عبرها هذه الاجزاء ذات القنوات، مرة بسهولة ومرة وهي تتعلق بجرم الجسم. ولا يهتم هذا العلم بمعرفة ما اذا كانت هذه الاجزاء تتعلق بالعنصر الاول او العنصر الثاني او العنصر الثالث، هذه العناصر التي هي محركات علم نشأة الكون عند ديكارت.



(الصورة 31) الشبح المغناطيسي (الى اليمين) ومخطط تفسيري للمغناطيسية الارضية (الى اليسار).

ديكارت ، المبادىء الفلسفية 1644 ص 194 وص 198 .

يدرس ديكارت - او يتخيل - المغناطيسية انطلاقاً من الظل او الشبح المغناطيسي، بعد ان قدم له احدى أولى رسماته (شبح محدث بفعل مغناطيسين متجاورين) (صورة 31 ، إلى اليمين) وبالنسبة اليه ترسم خطوط الشبح مسار الأجزاء ذات القنوات التي تمر بالمغناطيس وتخرج منه ثم تعود اليه بعد دورة خارجية .

يوجد، حسب اعتقاده، تياران متعاكسا الاتجاه، كل واحد منهما لا يستطيع الدخول في المغناطيس الا من أحد أطرافه لكي يخرج من الطرف المقابل . والمغناطيسية الأرضية (صورة 31 ، إلى اليسار) تفسر بنفس الشكل : آتياً من المناطق المطابقة في السماء ، يدخل تيار من خلال نصف الكرة الجنوبية ليخرج من نصف الكرة الشمالي ، والتيار الآخر يسلك السبيل المعاكس . وبقول آخر ، هناك بالنسبة اليه نوعان من التدفقات المغناطيسية ، تتعاكس مع بعضها البعض . ولكل من هذه التدفقات أجزاؤه المضلعة التي تتعاكس مع الأخريات ، وهو يجد داخل المغناطيس مجاريه الخاصة الصغيرة ذات الشكل المناسب .

ويتلقى التوجه منحىً ميكانيكاً خالصاً . ان البوصلة تخضع لدفق الاجزاء المضلعة التي تقومها « بفعل القوة التي لهذه الاجزاء حتى تكمل حركتها بخط مستقيم »، ويتلقى الميل تفسيراً مماثلاً. ولكي يتعرف ديكارت على تغيرات الانحراف، تبعاً للمكان، اعتمد حلَّ جيلبرت. ولكنه ظن ان من واجبه ان يوضح (« لان الامر اكيد ») انه توجد مناجم مغناطيس وحديد في منطقة ما اكثر مما في اخرى، وهذا حل كان جيلبرت قد رفضه علناً . اما هو اي ديكارت. فقد عرف تغيرات الانحراف، تبعاً للزمن، وفسرها، بشكل صبياني، بانها من جراء استثمار وبالتالي استنفاد بعض مناجم الحديد.

واخيراً ، قطع ديكارت مع جيلبرت وكبلر، فلم يعطِ اي دور للمغناطيسية في حركة الارض او الكواكب، التي اعتبرها مدفوعة باعاصيرها المكونة من مادة لطيفة .

ان التفسير الديكارتي للمغناطيسية متأثر جداً باسلوب الفيلسوف ان الكرة الارضية، والمغناطيس ليست اشياء اخرى غير اماكن مرور يمكنها شكل مسامها (الصورة الجيومترية) من تلقي، باعداد كبيرة بعض انواع « الاجزاء المضلعة » التي تجتاز الكون. وبدا حب التنظيم غالباً على الاهتمام بالتجربة. ولكن الفكرة العامة في النظام، ان لم يكن النظام نفسه سوف يقدم اطاراً للتجارب، حتى لدى عالم بعيد عن الديكارتية مثل هويجن .

واستعاد الديكارتيون او كرروا افكار ديكارت .

ومع روبير بويل Robert Boyle سقط المعتقد العظيم بشان دور الهواء في الجذب المغناطيسي امام التجربة. لقد وضع بويل Boyle بوصلة تحت آلة محدثة للفراغ ، وقرب مغناطيساً ذا قوة متوسطة ، فرأى ان المغناطيس يجذب او يبعد رأس الابرة وفقاً لقوانين المغناطيسية، دون ما فرق كبير مع ما كان يمكن ان يحصل لو لم يسحب الهواء من الآلة التي توجد الابرة بداخلها (اعمال ر. بويل R.Boyle ، مجلد 1).

واذن « فالحمم المغناطيسية» الصادرة عن المغناطيس، او من هذا المغناطيس الكبير الذي هو الأرض ، هي التي تتدخل وحدها .

هذه الحمم يجب ان تحدث (« وهذا لا يبدو في نظري مستحيلاً على الاطلاق » كتب بويل) تغييراً في البنية الداخلية للجسم، مما يجعله مستعداً بذاته لاحداث أثر مغناطيسي .

وترك هويجن Huygens لنا كتاباً عن « المغناطيس » (1680)، وعدة دراسات نشرت مع هذا الكتاب في المجلد 19 من « اعمال » ـه. وككل العلماء في عصره بنى عالمه بـالمبادىء : ان الاثير هو الذي ينشر الضوء؛ والمادة المغناطيسية، هي الطف من الأثير، والقوة التي تحدث الجاذبية الارضية هي الطف ايضاً. وكما هو الحال بالنسبة الى ديكارت، يرسم الشبح المغناطيسي الدرب الذي تقطعه « مادة ما ». ولكن هويجن لم يلتفت الى التيارين المتعاكسين. فهو يـرى انه لا يـوجد الا تيار واحد لم يحدد اتجاهه. واقترح بشأن الاتجاه الذي يـأخذه مغنـاطيس بالنسبـة الى الارض او الى مغناطيسـات اخرى مجاورة، التفسير التالي :

« يجب ان نعرف ان الحركة الدائرية لمادة اي اعصار، لما كانت سريعة جداً ، فان وجـدت في طريقها مغناطيساً آخر، فانها تفتح ممراً لها، ان استطاعت، من خلال مسامه. . . فاذا كانت المسام في المغناطيس الملتقى منحرفة. . وبالتالي فانها تحول عن حركتها الدائرية، وتبذل بالطبع جهداً لكي تختصر هذه الدورة، وبالتالي، اذا كان المغناطيس الملتقي، حـر الحركـة، فانها تصفـه وتوجهـه بحيث تكون مسامه موازية لاعصارها » .

يقول ي. بوير E.Bauer « يطبق هويجن، بالغريزة اجمالاً، على المادة المغناطيسيـة مبدأ المسـار الادنى، المشابه لمبدأ فرمات Fermat في الضوء. . » اما الجاذبية، فان سببها اصله ميكانيكي، كما هو المجال لدى ديكارت . ولكن هويجن يقرن المبادىء بالتجربة لكي ينكر كلّ دور يلعبه الهواء في الظاهرة . « إنه نفس مبدأ المسار الأدنى الذي يتيح توضيح تفصيل الانجذابات والتنافرات بين القطبين » (ي. بوير E. Bauer) .

نرى، في نهاية هذا العرض، ان حركة الفكر المنبثقة عن عمل جيلبرت ادت الى توضيح لمفاهيم المغناطيسية :

أ) تـوضحت وظيفة المغنـاطيسية: ان القـوة المغناطيسيـة ليست القوة الكـونية التي اليهـا يرد جيلبرت وكبلر تفسير ظاهرات علم الفلك والجاذبية الكونية؛ واذا فمجال المغناطيسية محدد جداً.

ب) ليس في المغناطيسية شيء خفي، انها طبيعية لا بالمعنى التجسد المادي (Hylémorphique) بل بالمعنى الميكانيكي للكلمة .

ج) يوجد اخيراً مجمل مهم من المعارف الوضعية الاساسية .

3 ـ فشل القرن 17 في إدخال القياس في المغناطيسية

منذ عصر النهضة ، أصبح الاهتمام بالقياس ، موجوداً في المغناطيسية . فالإبحار ، وتحديد

لخطوط الطول وخطوط العرض كانا يتطلّبان ادخال القياس . ولكن « البحوث حول أفضل السبل من أجل صنع الابر المغناطيسية » تقتضي هي أيضاً الاطلاع على العناصر الكميائية .

يحتاج الفن الى قواعد والى نتائج عددية لكي يحدد الاشكال، والابعاد، والاجرام الاكثر ملاءمة لاعطائها للبوصلات كي تعطي العلامات الاكثر وضوحاً ، والاكثر امانة ، والاكثر صوابية ، دلالة على الاتجاه ، رغم الاحتكاكات الميكانيكية ، ومقاومة الهواء ، والانحراف والميل وتغيراتها .

وحدها المعارف النظرية الاساسية يمكن ان ترضي مثل هذه الاحتياجات، نظراً لان جهود الحرفيين والتلمسات التجريبية اعجز من ان تقوم بالمهمة .

وقد عكف جيلبرت Gilbert وكابوCabeo وتلامذته على هذه المسائل وحاولوا ان يحددوا توزع الطاقة المغناطيسية ضمن الجرم وفوق سطح المغناطيس، ثم قياس تغير القوة المغناطيسية مع المسافة. ولكن جهودهم باءت بالفشل. ولكن مجيء نظريات نيوتن اتاحت، على ما يبدو، العودة الى هذه الدراسات على اسس جديدة، تم الانتهاء بها الى احسن النتائج . وقدمت مفاهيم نيوتن، بهذا الشأن، الحل الابسط، وتاريخياً الحل الوحيد الممكن لهذه المسائل. اذ كان لا بد من مرور قرن من اجل تكوين نظرية نيوتنية حول المغناطيسية، قرن استلهمت خلاله البحوث الرياضية ومحاولات القياس التي سوف تتكاثر، من المبادىء النظرية المختلفة : نظريات الهيدروديناميك Hydrodynamique، مدعومة بالمفاهيم الاعصارية التي قال بها ديكارت. Sous – tendus وكان هذا الوضع غريباً فريداً. بمقدار ما تلقت الافكار الديكارتية تراجعاً عاماً امام النجاح المتزايد في افكار نيوتن. واذا كانت افكار ديكارت قد استمرت تفرض نفسها في المغناطيسية، فذلك بسبب صعوبة « تصور قوى جذب يمكنها ان توجه مغناطيساً بدون ان تجذبه ». قلنا ان روبير نورمان Robert Norman بيّن ان النقطة التي تتجه نحوها البوصلة، لا تجذبها، بل توجهها، وسمى هذه النقطة : بانها نقطة التوجيه. وفهم وليم جيلبرت الاثرين الجذبي والتوجيهي في المغناطيس، باعتبارهما متمايزين من حيث الطبيعة. وبين ان كرة مفعول المغناطيس التوجيهي، تمتدّ اكثر من كرة الاثر الجذبي.

ووحد كابو Cabeo هذين النوعين من العمل واعتبر بان الاثر الاول والاساسي هو الاثر التوجيهي. واعتبر الجذب فقط كمفعول « عرضي » للمفعول الجذبي. وعلى هذا الاساس اشتغل الميكانيكيون واعصاراتهم تعبر عن هذه الافضلية او الاولوية التي يرتديها التوجيه بالنسبة الى الجذب.

وكان لا بد، من اجل تكوين نظرية جذبية للمغناطيس، قلب التراتب، واعطاء الاولوية للجذب على التوجيه. وهذا يقتضي، امكان شرح الحركة التوجهية للبوصلة انطلاقاً من جذبات لا تنتج الا حركات نقلية. ويعود الفضل الى أبينوس (1757) Aepinus في هذا التبيين.

فمن بعيد بعيد يكون مفعول المغناطيس « موحداً » : ان الابرة الممغنطة تخضع عندئذ الى « مزدوج » من القوى الجاذبة والدافعة تفرض عليها اتجاهاً ؛ ولكنها لا تستطيع ان تفرض عليها انتقالاً .

على اثر مثل هذا التفسير، تغيرت مفاهيم القطبين المغناطيسيين : فلم يعد القطبان عموماً، طرفي الابرة، بل نقطتي تطبيق قوى المزدوج الناتج الذي يخضع له المغناطيس في حقل متساوٍ، او ـ فيما خص الآثار الحادثة بفعل هذا المغناطيس من مسافة بعيدة ـ إنّهما المركزان المتوسّطان في الاجرام المغناطيسية الايجابية أو السلبية . هنا أصبحت أعمال كولومب Coulomb ممكنة البدء .

II ـ ما قدمه القرن السابع عشر في مجال الكهرباء

حتى دخول القرن 17، لم يعرف عن الكهرباء اكثر مما كان الاغريق يعرفون عنها في ايام طاليس Thalès : اي خصائص الكهرمان Ambre المحفوف الذي يجذب الاجسام الخفيفة. وكان الناس يخلطون في اغلب الاحيان بين الجذب الكهربائي والجذب المغناطيسي.

ومع ذلك فان بعض المؤلفين، مثل جيروم كاردان Jérôme Cardan (في اللطائف Subtilitates) (1551) حاولوا ان يميزوا بين فئتي الظاهرات .

كتب يقول : « ان جذب المغناطيس وجذب الكهرمان (Succin,ambre)ليس لهما نفس السبب. لان الكهرمان يجذب كل شيء خفيف اما المغناطيس فيجذب الحديد فقط . ان الكهرمان لا يحرك القشة، عبر جسم يحجب بينهما، اما المغناطيس فيفعل. والكهرمان غير مجذوب عكساً بالقشة ، اما المغناطيس فيجذبه الحديد. والقشة لا تتجه الى وجهة بفعل الكهرمان، اما الحديد فيوجه نحو الشمال والجنوب بفعل ملامسة المغناطيس. . ».

ولكن وليم جيلبرت William Gilbert هو الذي ميّز بوضوح بين الكهرباء والمغناطيس، تمييزاً ظل بعد ذلك مستقراً في العلم. ثم ان الكهرمان ليس هو الجسم الوحيد الذي يمكن ان يتكهرب، برأي جيلبرت. ان اكتشافه الرئيسي مكنه من اختراعه لأول الكتروسكوب .

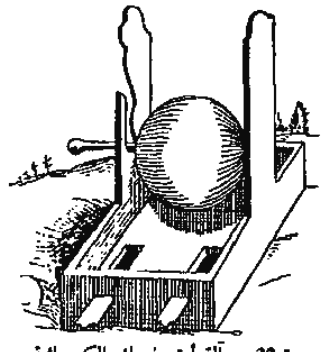
« اصنع بنفسك ابرة متحركة، من اي معدن كان، بطول ثلاثة او اربعة اصابع، خفيفة على محورها مثل البوصلة . من رأس هذه الابرة قرب قطعة كهرمان او اي شبه معدن محكوك قليلاً، لماعاً ومصقولاً : وفي الحال تنحرف الابرة ».

وبعدها ميز جيلبرت بين الاجسام فقسمها الى اجسام « كهربائية » واجسام « غير كهربائية ». ان الجذب الكهربائي بالنسبة اليه، يختلف في طبيعته عن الجذب المغناطيسي. ان هذا الاخير يعود الى « نوع » الجسم اما الجذب الكهربائي فيعود الى « مادة » الجسم المكهرب، والتفسير الذي يقدمه تفسير غريب ولكنه يميّز ذلك العصر . كل الأجسام تنزع الى الوحدة : ان التصعّدات المثارة بفعل الحك تجر الأقذية نحو الجسم المتكهرب ، عند عودتها اليه . انها ظاهرة شعرية فعلية ويشبهها جيلبرت بجذب الأجسام الصغيرة الموضوعة على سطح الماء .

ولكي يفسر ديكارت الجذب الكهربائي، فانه يستبعد تفسير جيلبرت بواسطة الشعيرية

Capillarité ولكن طريقته ليست افضل. ان المادة اللطيفة التي تنفذ في الجسم الكهربائي تخلق فيه نوعاً من الشُريْطات ان السبب هو في أنّه عند حك الزجاج بقوة ، حتى يسخن قليلاً ، تطرد هذه الشريطات خارج مسامه بفعل هذا الحك ، والتي تضطر الى الذهاب نحو الهواء ونحو الجسيمات الأخرى المجاورة ، حيث لا تجد مسامات تستقبلها ، فترتدّ حالاً الى الزجاج ، وترد معها القش من الأجسام الصغيرة حتى تلامس المسامات في الزجاج » .

لقد حقق روبربويل ، في الكهرباء بعض التجارب المهمة التي أتاحت ، بشكل خاص ، ولأول مرة ، تناظر Reciprocité الجاذبيات الكهربائية ، ذلك أن الجسمين المحكوكين أحدهما بالآخر ، يتجاذبان بالتناظر (دوجات) . أما بشأن تفسير الظاهرة ، فقد أبدى نفس الحذر كما في موضوع التدفقات Effuvesالمغناطيسية . لقد أخذ عن نظريات كابو ، ودبجبي ، وغاسندي ، وديكارت (وقد بدت له مؤسسة على الخطأ) ، إلا أنه هو ظل انتقائياً Eclectique ، منذ اللحظة التي شرع فيها باختبار فرضية ميكانيكية ، بفعل « انبثاق مادي لجسم جاذب » ، متناسياً الفيزياء القديمة القائمة على النوعية .



صورة 32 .ـ آلة أوتو غريك الكهربائية . (أ. فون غريك اكسبريمانتا نوفا ، ماغدبورغ ، 1672 ، ص 148، صورة V)

وربما استطاعت الكهرباء بفضل « التجارب الجديدة » (اكسبريمانتا نوفا Experimenta nova ، 1672)، وهو كتاب وضعه اوتو غريك Otto de Guericke، ان تخطو خطوة جبارة. فقد صنع هذا المؤلف اول آلة كهربائية في « الكهرباء الستاتيك »، كتلة من الكبريت« بحجم رأس ولد »، تحك باليد، او تثبت فوق محور يدور بها. ووضع تحت المحكات (Rognures) ورقات مختلفة الاشكال، من الذهب والفضة والورق، ومختلف البقايا، تم بعد لمس الكرة بيد ناشفة جداً ، يجري حكها بدورتين او ثلاث دورات او اكثر (صورة 32). « وبضربة واحدة، من خلال سلسلة من الملاحظات قام بسلسلة كاملة من الاكتشافات الرئيسية » (ي. بوير)E.Bauer . ولم يكن اوتوغريك، الا ليلاحظ النتائج الحاصلة اثناء التجارب العرضية، دون ان يجرب تجريب المتقصد الهادف الى بحث محدد.

وهكذا لاحظ ان الكرة « جذبت كل هذه البقايا ، واخذتها معها في دورانها. . . ان هذه الكرة لم تجذب فقط بل ايضاً دفعت فيها بعد الاجسام الصغيرة. . ولم تعد تجذبها من جديد ما لم تكن قد لامست جسماً آخر. . الخ » .

ولكن للاسف، اذا كان اوتوغريك Otto de Guericke قد وصف بدقة كل هذه الملاحظات، وغيرها من الملاحظات المتعلقة بالظاهرات الكهربائية المهمة جداً ، إلا أنه لم يضع حولها اية نظرية. ولم

يشكل أي مفهوم أساسي من مفاهيم الكهرباء ، التي صاغها غراي Gray و دوفاي Dufay ، بعد حوالي خمسين سنة ، انطلاقاً من نفس الأحداث .

هذا العرض السريع لمعارف القرن 17 في الكهرباء يدل كم كان انتاج هذا القرن، في هذا المجال، بدائياً. ان الكهرباء لم تعد، ابداً ، ظاهرة فريدة واستثنائية، ولكنها لم تكن الا موضوع دراسات تجريبية .

الفصل السادس :
كيمياء المبادىء

I ـ بحثاً عن مبدأ كوني

استعيدت افكار بارسلس Paracelse حول الجوهر البعيد للمادة (Quintessence) ثم شرحت من قبل كل كيميائيي القرن 17 تقريباً . وهكذا سرعان ما تحورت بسرعة وادت الى فكرة عامل كوني، مسؤول عن كل التفاعلات الكيميائية. وجوهر تاريخ الكيمياء في القرن 17 يكمن في هذا التطور.

وان تفحصنا عن قرب كل النظريات التي ظهرت قبل ستاهل Stahl، فلا نستطيع الا ان نتأثر باختلاف وتشتت المفاهيم المتكونة. ان المبادىء الثلاثة المباشرة التي اوردها باراسلس Paracelse قد وجدت لنفسها مكاناً الى جانب العناصر المأخوذة عن المشائين Peripatéticiens. ولكن، فضلاً عن ذلك، ان مفهوم الجوهر Quintissence كان مهيمناً على كل شيء ، دون ان يجد له سبراً في أي من النظامين.

وفيها بعد تغيرت طبيعة ووظيفة الجوهر انما دون ان تتأثر المفاهيم الاخرى الباقية.

ان الجوهر كان في الاساس مكوناً بعيداً للمعادن. فكل معدن له جوهره الخاص، ولكن التطور الطبيعي للمعادن يؤهلها جميعاً لتصبح ذهباً . وكان الكيميائيون الباراسلسيون، يقولون ذاتياً، وموضوعياً بوجود مكون كوني شامل للمادة، على الاقل كنهاية مطاف.

ويبدو ان وجود كائن كيميائي كوني قد سيطر على فكر الكيميائيين حتى ستاهل Stahl هذا الكائن بدا اولاً مكوناً نهائياً، ثم نراه قد ازدوج مع عامل مسؤول عن تحويل المظاهر الفيزيائية للاجسام. وفي النهاية يندمج هذان الموجودان وينطفئان تاركين المجال امام مبدأ كوني من التفاعلات الكيميائية .

ڤان هلمونت Helmont والتجريب ـ كان جان باتيست ڤان هلمونت Jean ‒ Baptiste Van Helmont (1644 – 1577) اول كيميائي اطلق هذا التطور في الافكار. بعد دراسات في جامعة لوفان Louvain، وبعد عدة سنوات من السفر، استقر فان هلمونت Van Helmont في منطقة قريبة

من بروكسل هي فيلفورد ، حيث كرس نفسه طيلة بقية حياته لبحوث في الكيمياء وعلم الألعاب النارية والطب . وقد مارس الطب لغايات احسانية . ونشر عدة كتب في الطب ، وخصص واحداً منها للمغناطيسية الحيوانية . وقد جر عليه هذا الكتاب الحكم من « المكتب المقدس » Saint-Office .

وفي العديد من هذه الكتب عالج الكيمياء . ثم جمع تصوراته المختلفة في كتاب صدر بعد موته « اورتوس ميديسينا » الذي صدرت اول طبعة منه سنة 1648 . واعيد طبع الكتاب عدة مرات . ثم ترجم الى الفرنسية والى الانكليزية ، وقرأه جميع الكيميائيين في القرن 17 .

كان فان هلمونت Van Helmont مجرباً ومفكراً ، وعلّم شكلاً جديداً في النظر الى مسائل الكيمياء ، ولكن يبدو جيداً ان اهمية اسلوبه التجريبي قد بولغ في تقديرها . واذا كانت نظريتهُ قد ارتكزت على ملاحظات جيدة العناية ، الا انه لم يقدم نموذج طريقة دقيقة . ان مبادىء مثل هذه الطريقة قد لاقت صعوبات كثيرة لكي تدخل في مجال البحث الكيميائي واذا كان كيميائيو القرن 17 قد مارسوا ، باكراً ، الملاحظة النوعية للظاهرات ، وبشكل مرضٍ ، الا انهم لم يعرفوا ممارسة الملاحظة الكمية . ان تجارب فان هلمونت ، وفيما بعد ، تجارب روبير بويل كانت مشوبة بهذا الشأن بتغيرات خطيرة .

والتجربة الاشهر عند فان هلمونت هي تجربة تنمية نبتة صغيرة من الصفصاف عزاها الى ماء المطر ، حيث ظل يسقيها منه طيلة خمس سنوات[1] . وقد راقب طويلاً تفاعلات تكلس المعادن والأملاح ، وخاصة ملح البارود Salpêtre ، واحتراق الفحم والكبريت ، والتخمر . من هذه الأعمال خرجت فلسفة شخصية حول المادة .

الماء مبدأ مادي ـ هذه النظرية ترفض العناصر الاربعة المشائية ، كما ترفض العناصر الخمسة البارسلسية . كان فان هلمونت مدفوعاً بفكر ديني عميق ، فلم يستطع تقبل تعاليم الفلاسفة الوثنيين من العصور القديمة فضلاً عن ذلك ان وجود العناصر الاربعة الاساسية كانت تكذبه التجربة . فالنار مثلاً لا يمكن ان تعتبر كعنصر بذاته ، بل كعامل تغيير . والدخان هو غاز كاللهب . وهذا الاخير يولد ويزول ، وليس له صفة الجسمية اطلاقاً .

وتأمله في حكايات سفر التكوين حمله على الملاحظة بان الماء يلعب فيها دوراً مهماً . ولهذا فقد اسند الى الماء وظيفة المبدأ المادي لكل الاشياء . ومثل الصفصافة يبين كيف حاول ان يبرر به هذا الرأي عن طريق التجربة . وكان يظن انه بهذا يقدم الدليل التجريبي على ان الماء يتحول الى خشب ، ثم بعد الحرق يصبح فيها بعد رماداً ترابياً . وعرف للماء خاصية التكثف الذاتي ، ثم التحول الى اجسام وازنة مثل المعادن . هذه التحولات تتم بتأثير من عوامل ناشطة ، مثل الروح Seminal في المعادن . هذه الروح او المبدأ Seminal ليست ابتداعاً من الطبيب الفلمنكي . فذكر هذا المبدأ ورد في النصوص

(1) انظر الفصل 4 من الكتاب 2 ، من القسم الثاني .

القديمة ، وقد استعمله بصورة خاصة باراسلس Paracelse الذي جعله داخلاً في عملية التطور الطبيعي في المعادن .

الالكاهست L'Alcahest ـ هذا المفهوم اشاد بـه ڤان هلمونت Van Helmont الذي انشأ عاملاً كونياً « الالكاهست » L'alcahest . والنصوص الغامضة قليلاً لمؤلفه توحي بانـه احتفظ لنفسه بكمية صغيرة من هذا المذيب الكوني، دون ان يؤكد على ذلك. ولم يحتفظ منه لمدة طويلة كافية لكي ينفذ عليه كل تجاربه .

وقد ولدت فضائل الالكاهست اعتراضاً مبطلاً تحت قلم بعض المعلّقين . فإذا كانت المعادن كلها تذوب بمفعوله، فمن المفروض ان تذوب القنينة التي تحتويه . واذاً فهو غير قابل للمسك، ولهذا لم يستطع ڤان هلمونت ان يحتفظ بجزء منه في تصرفه . وان هو لم يعرفه، فان قوة تأكيداته سوف تضعف وتتوهن. واذا كان بعض الكتاب امثال غلوبير Glaubert وبيشر Becher قد تجاوزوا هذا الاعتراض فان غالبية الآخرين قد وقفوا متحفظين تجاه الالكاهست . وبعضهم، مثل غلازر Glaser ، يذكرونه ولكنهم ينفون معالجتهم له ، وآخرون مجرد وجوده . يقول اتمولر Ettmuller بشأنه : انه غراب ابيض،الا ان القلة من العلماء اعتقدت بانها لا يمكن ان تسمح لنفسها باغفال ذكره تماماً .

« الغاز »، روح سلفستر ـ Sylvestre ـ في كتابات ڤان هلمونت Van Helmont يُوجد ايضاً مفهوم عرف طريقه الى الشيوع فيما بعد هو مفهوم « الغاز ». والكلمة هي من صنع الطبيب الفلمنكي بالذات . فهو قد صاغها كما صاغ كلمة « الكاهست»، من أصل مجهول، واصبحت مألوفة في اسماع وفي انظار معاصريه لانها تشير الى الكلمة الالمانية التي تعني « الروح ». وهكذا اعتمدت من قبل الجميع . وقد سبق ان اوضحنا اعلاه المعنى المحدد جداً الذي أعطي لها يومئذٍ .

واستعمل فان هلمونت نفسه كلمة « روح » لكي يعرف الغاز انها روح متوحشة ، لا يمكن تكثيفها . ولا يمكننا التأكيد بانه عرف وجود عدة غازات . ويبدو، بصورة اولى، ان كل الاجسام الهوائية الشكل المنتشرة في الهواء قد اعتبرت كغاز واحد، له خصائص متنوعة تختلف باختلاف الظروف .

والغاز قد يكون قابلاً للاشتعال، ولكن المقصود عند ڤان هلمونت هو غاز آخر يختلف عن الهيدروجين الذي نعرفه نحن . اذ معه وجدت غازات اخرى، كالتي تحصل بفعل تقطير المواد النباتية ـ هي ايضاً قابلة للاشتعال . ويحدث « الغاز » ايضاً بفعل التخمير، وبفعل الحوامض على الكاربونات وبفعل تفكك الاملاح بالحرارة . كل هذه التشكيلة تبدو مخلوطة مع موجود وحيد يتكون من الماء . فبخار الماء المكثّف يعطي الماء ، ونلاحظ وجود تكثيف لزج في أغلبية التفاعلات التي تتسبب بولادة الغاز .

ثم ان الغاز لا يمكن ان يلتبس مع الهواء . فهذا الاخير يبقى في نظر ڤان هلمونت احد العناصر التي لا يمكن ضغطها . الوحيد الى جانب المياه، ولكنه لا يدخل كالماء في تركيب المادة . والهواء غير قابل

للتحويل الى ماء ، وكذلك الماء لا يتحول الى هواء ، وتكثف بخار الماء يدل على ذلك؛ لاننا نجد الهواء من جهة والماء السائل من جهة اخرى. ولكن الهواء يمكن ان يتحول ان اتحد مع المواد المتطيرة ليعطي « الغاز ». ولكن عندما يتلف الغاز يظل غير متغير. ولكن بخلاف فكرة كانت محسوسة منذ زمن بعيد، إن لم تكن مصاغة، وقد فرضت نفسها ببطء بخلال القرن 17، فان فان هلمونت لم يرَ، على ما يبدو، ان الهواء يدخل، بأي حال، في تفاعلات الاحتراق والتأكسد، ولا يلعب اي دور في التنفس.

وهو لا يتحد الا مع العناصر ذات الشكل الهوائي. ورغم ما فيه من ثغرات، يعتبر التفريق الذي اقره فان هلمونت بين الهواء والغاز، مهماً لانه صيغ لاول مرة فقد بقي الهواء حتى ذلك الحين العنصر الغازي الوحيد، وكانت استقلاليته مطلقة. وكان فان هلمونت اول من شكك في هذا المبدأ.

الا ان هذه الفكرة لم تأخذ انتباه شراحه. وبدت وكأنها لم توثر اطلاقاً في مفاهيم الكيميائيين في القرن السابع عشر. وهذا يعود بدون شك الى كون هؤلاء ومعهم فان هلمونت لم يكونوا يعرفون الوسيلة في الحصول على الغازات والتعامل معها. إذ لم تعرف هذه التقنية الا في وقت متأخر. وبعد ذلك بقليل ضايقت نظرية السائل الناري الكيميائيين عندما حاولوا ان يستخرجوا من ملاحظاتهم الاولى حول الغازات ما يمكن ان توحي به من استنتاجات.

كيمياء الاملاح ـ اعتمدت افكار فان هلمونت Van Helmont بشكل متفاوت وبعضها مثل نظرية الغاز كان بعيداً جداً عن افكار العصر، فلم يأخذ مكاناً في فكر الكيميائيين. وبعضها الاخر مثل افكار الكاهست « Alcahest»، اصطدم بتحفظ واع ، ولكنه كان قريباً جداً من التصور التقليدي بحيث لم يكن الا ليؤثر تأثيراً عميقاً في الاعمال وفي النظريات المستقبلية. فالكاهست كان هدف الكثيرين. ولكن القول بوجود مبدأ عنصر مكون شامل وجد تأييداً كبيراً. ويبدو انه لم يوجد كيميائي او طبيب او فيلسوف قد عاد الى فكرة ان الماء يمكن ان يكون هذا العنصر الاساسي، والجميع فضل البحث عن هذا العنصر من بين الاجسام ذات التفاعل الاكثر حدة والمعروفة بشكل افضل، وان تكن خصائصها ليست مفسرة الا تفسيراً غامضاً . ولهذا كانت الاملاح اهم غايات التجريب. والى حد ما لعبت كيمياء الاملاح في القرن السابع عشر نفس الدور الذي لعبته كيمياء المعادن في القرن الماضي وكيمياء السلفورات في القرون الوسطى.

وانطلقت تأملات الكيميائيين من تفاعلات انفجار البارود الاسود او السالبتر عند ملامستها جسماً قابلاً للاشتعال. ونظراً لقوته الحادة على الانفجار اعتبر ملح البارود الابيض (نيتر) كعامل شامل مسؤول ليس فقط عن التفاعلات الكيميائية بل وايضاً عن العديد من الظاهرات الاخرى الطبيعية التي لها بعض الشبه مع بعض خصائص النيتر، حتى ولو لم تكن هذه الظاهرات على اتصال فيما بينها. وفسر هذا التطور، جزئياً، بكون البحث الكيميائي كان يومئذ محصوراً تقريباً بالاطباء ، وتضافرت تأثيرات اخرى لابراز تصورات نظرية تبدو غامضة ومشتتة. ولكنها اخذت تبدو اليوم ذات رابط فيما بينها.

اهملت غالبية مؤرخي العلوم هذه المرحلة في الكيمياء، ربما لأنهم نفوا او صدموا بالصفة

الصيبانية (في نظر القارىء العصري فقط) المتجلية في البحوث النظرية التي كانت شائعة في ادب القرن السابع عشر. ومع ذلك فاذا تجاوزنا هذا الموقف المنحاز، وحاولنا فهم روح هذه النصوص وفقاً لاسلوب معاصريها، امكننا امساك الحجج التي قامت عليها امثال هذه المفاهيم. وهذه المفاهيم تصبح اقل بعداً عن العقلانية ان ربطت بمواضيع اعم حول الملاحظة وحول التفسير. فقد اوضحت عدة دراسات حديثة قام بها بصورة خاصة د. مكي D.Mckie، وج. ر. بارتينتون J.R.Partington، وهانري غيرلاك Henry Gurlac، وماري هال بوا Marie Hall – Boas، موقفاً جديداً في معرفتنا لكيمياء القرن السابع عشر، واتاحت هذه الدراسات فهماً افضل لتطور الافكار الذي ادى الى وضع اولى النظريات حول الاحتراق.

النيتر او ملح البارود الابيض في النظريات الكيمائية ـ لقد تعجب المؤرخون في بادىء الامر. من قيام مؤلفين امثال جون مايو John Mayow (1641 – 1679) وروبر هوك Robert Hooke (1635 – 1703) بتسمية، مبدأ الاحتراق والتنفس باسم النيتر الهوائي. وهذه التسمية تنم عن التباس عميق. في حين ان مايو Mayow اعتبر سلفاً عبقرياً للافوازيه، بعد ان اعتبر طيلة أكثر من قرن مجهولاً. واليوم نستطيع توضيح اهمية التسمية .

ان كلمة نيتر Nitre وردت على قلم مايو Mayow لانه كان مستعملا في مجالات كثيرة تقريباً منذ بداية القرن السابع عشر. ان خصائص النيتر كانت معروفة تماماً. فقد استخدمت في الالعاب النارية وصناعة المتفجرات كما استخدمت في الزراعة. واقران قوة النيتر كسماد وقوته كمتفجر كان في اساس الفكرة القائلة بوجود نوع من النيتر في الهواء هو سبب الصواعق والرعود والبروق، كما ان قدرته التخصيبية تظهر في المطر وفي الثلج. فضلاً عن ذلك يبدو ان الكيميائي والفيزيائي الهولندي كورناليس دريبل Cornelis Drebbel نجح في اعداد غاز ينشط التنفس، وهو الاوكسيجين، عن طريق تحليل وتفكيك النيتر. وقد دلل على الاقل انه يستطيع بهذا الاسلوب جعل جو الباخرة الغواصة قابلاً لان يعاش به. وذكر بويل Boyle هذا الحدث سنة 1660 عندما عرض افكاره حول التنفس. ودون ان نستطيع توضيح الظروف بصورة ادق، اصبح النيتر عنصراً كونياً . حتى قال ن. لوفيفر: «الشمس هي التي تولد النيتر» .

وقد لاحظ الاطباء والكيميائيون من زمن بعيد ان وجود الهواء ضروري من اجل التنفس والاشتعال. هذه الفكرة التي وردت بدون ابهام في نصوص من مطلع القرن السابع عشر، وقد استعيدت كثيراً ، كانت قسماً من ارث مشترك غير مجادل به منذ زمن بعيد. واعطاها روبر بويل Robert Boyle (1627 ـ 1691) وضوحاً اكبر. وخلال البحوث التي اجراها بواسطة المضخة الهوائية الماصة التي ابتكرها وصنعها بمساعدة هوك ، لاحظ ان جسماً شديد الاشتعال مثل الكبريت لا يلتهب في الفراغ، في حين ان الجسم المشتعل ينطفىء فيه وان الحيوان لا يعيش طويلاً بدون هواء .

لاحظ اوتو غريك Otto de Guericke ان الجسم المشتعل ينطفىء داخل غرفة مقفلة. وقد وصفت تجاربه من قبل اليسوعي كاسبار سكوت Kaspar Schott سنة 1657، وبدأ بويل Boyle

بحوثه الخاصة منذ السنة التالية وعاد اليها بعدة مناسبات. وخلال السنوات التي تلت اهتم عدة مؤلفين بهذه التجارب وقدموا عنها شروحات بينت، بشكل وبآخر اهمية وجود الهواء. وتكلم هوك عن هذه الظاهرات في مداخلات عدة وفي كتابه ميكروغرافيا المنشور سنة 1665، وقدم جون مايو John Mayow اول نظرية حول التنفس سنة 1668 في كتاب سماه تراكتاتوس ديو Tractatus Duo خصص القسم الاول منه لهذا الموضوع ثم عرض وجهات نظره حول التنفس والاشتعال سنة 1674 في كتاب اسمه تراكتاتوس كينك Tractatus quinque . . .

وقد ادخل اكثر هؤلاء الكتاب عاملاً خاصاً موجوداً في الهواء شبهوه بالنيتر : وسماه بويل Boyle النيتر الطيار. واعتبره هوك Hooke كمادة تشبه المادة الموجودة في السالبيتر او ملح البارود، ان لم يعتبره نفس المادة. واخيراً قال مايو Mayow ان الهواء يتضمن جزيئات نيترية هوائية. وسوف نعود الى هذه النظريات. اما الان فنتابع تشكل وتطور هذه الفكرة فكرة العنصر المنتشر كونياً والمسؤول عن كل التفاعلات .

وفي نظر الكيميائيين في الحقبة الواقعة بين 1660 و1675 تقريباً لم يعد النيتر الموجود في الهواء « غازا » بالمعنى الذي فهمه فان هلمونت Van Helmont بل ملحاً . لا شك ان القصد لم يكن جسماً ملحياً بالمعنى الصحيح بل اثيراً ذا طبيعة ملحية يستخرج من اصل يسميه باراسلس Paracelse ملحاً . وكان الطبيب الالماني إتمولر Ettmuller يعرف في تلك الحقبة ملحاً « منتشراً في تكوين العالم عبر الكون يسمى بالعامية روح الكون عندما يختلط في الهواء ». ويضيف : « ان الملح الكوني يولد في مختلف اصول الاشياء ملحاً خاصاً له شكلان او نوعان : الاسيد او الحامض ثم القلوي » .

التضاد بين الحامض والقلوي ـ هذه الفكرة تتوافق تماماً مع الافكار التي كانت مقبولة عموماً . ويجب ان لا يبرز بسرعة التناقض الظاهر في العامل الفريد الذي يفتش عنه كل الكيميائيين، وبين ثنائية الحامض والقلوي. يقول إتمولر Ettmuller بصراحة ان الاخيرين يولدهما الكيميائيون وكل واحد منهم يوقع بصراحة على توكيداته. فالملح الذي كان يمكن ان يكون عاملاً سلبياً يصبح خميرة ناشطة بفضل التضاد بين الحامض والقلوي.

والمكانة التي احتلها هذا التضاد في نظريات آخر القرن السابع عشر، تتميز بالفكر الكيميائي السائد في ذلك الحين. وعملية التحييد او التعطيل، الذي تحدث احياناً مقرونة بالفوران، مع تصاعد حراري دائماً ، هذه التفاعلية توحي بصور عن معركة وعن تداخل متبادل وهذه الصور تتوافق تماماً مع التفسيرات الميكانيكية لظاهرات طبيعية سادت بعد موت ديكارت .

يعزى عموماً الى نيكولا ليميري (1645-1715) Nicolas Lémery ابوة هذه التفسيرات التي في الواقع نجدها عند الكثيرين من المؤلفين الذين سبقوا هذا الاستاذ الشهير.

في كتاب لكريستوف غلازر Christophe Glaser اسمه كتاب الكيمياء ، كتبه سنة 1663، يصف هذا المؤلف مختلف العمليات التي تتيح « فتح المختلطات »، وبقية الكتب في نفس الحقبة كتبت

بنفس العقلية . فقد نشر كيميائيون كثيرون دراسات صغيرة مخصصة بالحامض وبالقلوي. وفي سنة 1672 قام طبيب من كين اسمه سان اندري Saint André يؤكد ان المباديء الثلاثة الباراسلسلية كانت متكونة من مبدأين اخرين أبسطهما الملح الاسيد والملح الحد او القلوي. يقول : « الملح الحد هو جسم بسيط ناعم الصورة يتخمر مع القلويات ويشكل روح كل المركبات. والملح الحد هو ملح بسيط مجوف يتخمر مع الاسيد (الحوامض)، ويترسب منه الفيتريول او سلفات الحديد في الماء » .

وفسر ظاهرة التحيد او التعطيل كما يلي : « ان حبيبات الحوامض تشبه في كبرها وفي صورتها ثقوب القلويات فتملأها تماماً بحيث ان اي حامض جديد لا يجد فيها اية مسامة فارغة تستطيع ان توقف حركته. وعندئذٍ يعمل هذا الحامض بقوة وعنف بحيث يستبعد الاجزاء المندمجة في هذه الاجسام بعضها ببعض. فيدفع بعضها الى جهة، وبعضها الاخر الى جهة اخرى. ولا يتوقف عن تحريكها وعن خضها الا اذا فصل عنها » .

كل وصف هذا المؤلف يرتكز على مثل هذه البراهين. وربما كانت هذه خاصة به. الا ان الكثير من زملائه اوردوا شبيهات لهذا الوصف في نفس الحقبة. ولم يكن ليميري Lémery، الذي نشر كتابه عن الكيمياء لاول مرة سنة 1675، هو مؤلفه، كما انه لم يكن اول كيميائي يعلم ويكتب بالفرنسية.

كتب الكيمياء ـ ان الاهمية التاريخية التي تسند بوجه عام الى ليميري Lémery مبالغ فيها. وترتكز هذه الاهمية على المديح الذي خصه به فونتانيل Fontenelle. فقد عمد هذا المؤرخ الشهير في الاكاديمية الفرنسية الى الاشادة بذكر ليميري Lémery، واسند اليه كل الوضوح الذي دخل على الكيمياء في تلك الحقبة. وقد قارن كتاباته السهلة الواضحة باللغة غير المفهومة عند غلازر Glaser. وقد اعتمد ج. ب. دوماس J.B.Dumas بعد قرن من الزمن حكم فونتانيل Fontenelle دون تمحيص وتثبت .

والواقع ان كتب الكيمياء والمحاضرات التي نشرت قبل ليميري Lémery هي ايضاً واضحة وكاملة مثل كتبه، وخاصة على الاقل كتب النصف الثاني من القرن. وكانت هذه الكتب كثيرة العدد. وكانت الصفة العملية الغالبة في الكيمياء التطبيقية والمطبقة على الطب وعلى الصيدلة ، تجعل من هذه الكتب مواضيع سهلة البيع والقليل منها لم يعد طبعه عدة مرات ولم يترجم الى لغة اجنبية. واحد اقدم هذه الكتب حرر حوالي (1610 — 1612) من قبل جان بيغين Jean Béguin، مرشد الملك. وقد ترجم عن اللاتينية وعدل به قبل موته ونشر سنة 1615 باسم عناصر الكيمياء . وفيه عرف بيغين الكيمياء بانها فن تحضير الادوية بحيث تكون اطيب مذاقاً وأكثر شفاءً وأقل خطراً.

واعطى باراسلس Paracelse نفسه للكيمياء تعريفاً اكثر حداثة واخذ غلازر Glaser هذا التعريف سنة 1663 بتعابير قريبة جداً : « الكيمياء هي فن علمي به نتعلم تذويب الاجسام لاستخلاص الجواهر المختلفة منها والموجودة فيها، لاعادة جمعها وتجميعها لنجعل منها أجساماً فعالة » .

كان كريستوف غلازر Christophe Glaser (1628 — 1672 ؟)استاذاً للكيمياء في بستان

الملك. وقد خلف في هذا المنصب نيكيز لوفيفر 1610 – 1669 Nicaise Lefebvre. وكان هذا الاخير ايضاً صاحب كتاب في الكيمياء اتخذ نموذجاً لكل الكتب التي جاءت بعده. وعلى العموم، كانت هذه الكتب مؤلفة من أربعة اقسام مفصولة عن بعضها نوعاً ما. في العموميات كان الكاتب يعرض القسم النظري، ويصف الاوعية والافران والاطيان والعمليات المخبرية المتنوعة. ثم يخصص اساس الكتاب للمعادن واشباهها ومشتقاتها. وبعدها يخصص قسماً اقصر للمستحضرات المستخرجة من النباتات. اما القسم الاخير، والموجز فيخصص للمستحضرات المأخوذة من الحيوانات.

وكان يساعد على نجاح هذه الكتب، نجاح التعليم. فقد كانت الكيمياء تعلم منذ قرن في كل كليات الطب. ولهذا اخذ عدد الكيميائيين يتزايد مما ساعد على تقدم العلم.

توحيد التسميات او الجداول ـ منذ ان يألف قارىء اليوم لغة القرن السابع عشر، فانه يستطيع بدون جهد، قراءة كتب ذلك الزمن، وهذا الاعتياد ليس صعباً لان التسميات قد توحدت بفعل الاستعمال ولم تكن تتضمن في ذلك الوقت كلمة عامة تدل بشكل منهجي على كل فئة من الاجسام. فكلمة أسيد وكلمة قلوي كانتا شائعتين في الاستعمال. وكان هناك القلوي الثابت مثل السودا والبوتاس والقلوي المتطير مثل الامونياك.

اما الحوامض او الأسيد فكانت تسمى بالارواح. وكلمة كلس وتراب اخذت تطلق على الاوكسيدات اما كلمة فيتريول فتشمل كل السلفات. ونجد ايضاً كلمة « ريغول » للدلالة على الاثمد وعلى الزرنيخ غير المخلوطين بغيرهما. وتطلق كلمة زهرة على المستحضرات المسحوقة التي يحصل عليها بالتكرير مثل الكبريت او بعض الاوكسيدات. اما كلمة بلسم فتطلق على مستحضرات اكثر تعقيداً.

وكانت هناك ثغرات ما تزال كما كان يوجد تفارق في التسميات، ولهذا التفارق ناتج عن رغبة كل مؤلف في الكشف عن تحضير دواء جديد. وفي كل كتاب، كانت اوصاف الاجسام والاساليب في تحضيرها متبوعة بشروحات طبية وفرمشانية. وكانت هذه التفصيلات تزيد في غموض النص. ولهذا كانت الكتب الاكثر وضوحاً هي التي كتبت من قبل مؤلفين لم يكونوا فرمشانيين او صيادلة مثل كتابات تيبوت اللوريني Thibaut le Lorrain او مات فافور Matte la Faveur، وكلاهما مقطر وشارح للكيمياء.

تعريف الاسيدات ـ يلاحظ القارىء، في كل هذه الكتابات الدقة المكتسبة حول طبيعة وخصائص الاسيدات، ان عدد الاسيدات المعروفة لم يزدد. ولكن اسلوب تحضيرها قد استقر، وان كان التحضير قد قصر يومئذ على مستحضرات مخبرية لا منتوجات صناعية.

ويذكر ان الماء الثقيل يتميز في اغلب الاحيان عن الاسيد نيتريك، فالكلمة الاولى كانت يومئذ تستعمل للدلالة على الماء الملكي (الذي يحلل به الذهب) (وهو مزيج من آسيد نيتريك واسيد كلوريدريك). اما روح الفيتريول، او اسيد سلفيريك، فيتميز عن زيت الفيتريول الذي يتوافق مع ما يسمى اليوم او الاوليوم، اذا اخذنا بعرض وسائل انتاجه.

كل ذلك يفسر كيف ولماذا تثبت الميل الى اعتبار الآسيد كعامل شامل. ورغم ان هذا التصور قد استقبل استقبالاً حسناً، الا ان نجاحه كان قصير الامد. ويبدو انه قد ساد طيلة حوالي عشرين سنة. لا شك ان اعتراضات بويل Boyle قد عملت كثيراً لتحد من تقدمه.

لقد بين العالم الانكليزي الكبير كم كان تعريف الآسيدات غير كاف. ان هذه كانت تتميز بغليانها عند ملامسة القلويات، التي كانت هي ايضاً تعرف بنفس المظهر عند ملامسة الاسيدات. وقد قطع بويل هذه الحلقة عندما اكتشف شراب الفيوليت (البنفسج) يتغير لونه بحسب ما اذا مزج بالإسيد او بالقلوي. وهكذا ادخل في التحليل الكيميائي استعمال المؤشرات الملّونة. واعطى ايضاً الوسيلة لمعرفة املاح النحاس والحديد والفضة بواسطة تفاعلات ملونة او بواسطة ترسبات. وبين ان الاسيدات قابلة للتفكك وان الاسيد لا يمكن ان يكون لا عاملاً شاملاً ولا عنصراً شاملاً.

فضلاً عن ذلك لم تكن البراهين لتفوت فكراً نيراً، ليبين ان عدداً كبيراً من الاجسام لا يحتوي اي آسيد.

مفاهيم روبير بويل Robert Boyle ـ شملت انتقادات روبير بويل المفاهيم المقبولة نظريات المشائين ونظريات باراسلس Paracelse. وكما فان هلمونت Van Helmont انكر بويل على النار كل صفة جسمانية، ورد المفهوم القائل بان المبادىء الثلاثة الاخرى يمكن ان تكون الوحيدة المكونة للمادة. وفيما خص المبادىء الثلاثة حرص على تبيين مدى غموض هذه المفاهيم ومدى الاختلاف في تفسيرها. والتعريف غير الواضح للمبادىء يترك دائماً مجالاً للشك في طبيعة المبدأ الذي يقول به الكيميائي. ويكون عدم اليقين مزدوجاً. من جهة من الصعب معرفة ما يفصل المبدأ غير الجسدي والجسم المادي المسمى بنفس الاسم، ومن جهة اخرى اسناد الصفات (التبخرية، اللون، الخ) الى مبادىء تختلف باختلاف المؤلفين. واخيراً لا تمتلك اي اثبات، تجريبي او ميتافيزيكي يثبت ان المركبات يمكن ان تتحلل الى هذه المبادىء الثلاثة او الى واحد منها.

عرف بوال الاجسام البسيطة والبدائية كتلك التي تتكون منها المركبات (او الخلائط) والتي تشكل الكلمة النهائية كلمة (حل). ان هذا التعريف له الكثير من الشبه الظاهر مع التعريف الذي وضع بعد ذلك بخمس وعشرين سنة من قبل لافوازيه Lavoisier. الواقع، في ذهن بوال Boyle، ان هذا التعريف يمثل، بصورة اولى استنتاجاً شفوياً، يرتكز على بعض الملاحظات الاجمالية لا على التبيين التجريبي.

ان هذا التعريف يتعارض بصورة خاصة مع المفاهيم السكولاستيكية القديمة والباراسلسية، ولكنه يبدو اكثر قرباً الى افكار فان هلمونت Van Helmont، منه الى افكار لافوازيه Lavoisier.

ولكن لا يمكن ربط مفاهيم الفيزيائي الانكليزي بمفاهيم الطبيب الفلمنكي.. إذا كان بوال Boyle يلمح ولا يؤكد، الى وجوب وجود نوع من الوحدة في المادة، فانه مأخوذ بفلسفة ميكانيكية للطبيعة تقتضي تركيباً جسيمياً للمادة. ان الاجسام البسيطة هي التي تشكل الاجسام المركبة، حسب

قوله ، ولكن هذا لا يثبت أن كل ما يمكن استخراجه من المركب بالنار أو باية وسيلة أخرى كان موجوداً فيه بفعل سبق التكوين. وكذلك أنه من غير المؤكد أن تفكيك المركب يعطي دائماً نفس الأجسام البسيطة ، ان استعملت عوامل تفكيك مختلفة . وهكذا في ذهن بويل Boyle يعتبر مفهوم العنصر ، وهو الحد النهائي عند التفكك الكيميائي ، قديماً من الناحية الميتافيزيكية . ان الاختلاف في ترتيب الجزيئات ، وتنوع حركتها يمكن أن يعطي للعناصر مظاهر مختلفة .

وكانت منشورات بويل حول مواضيع الكيمياء متعددة نوعاً ما. ولكن جوهر أفكاره موجود في كتابه الرئيسي « الكيميائي المتشكك » المنشور لاول مرة في اوكسفورد Oxford سنة 1661.

II ـ نظرية الفلوجستيك أو السائل الناري

كانت كتابات بويل Boyle مقروءة جداً وموضوع نقاش حامي. ورغم أن الأفكار التي قدمتها هذه الكتابات والانتقادات التي وجهتها الى الانظمة القديمة، قد قبلت لدى عدد كبير من المعاصرين، الا انها لم تكف لردع الكيميائيين عن السعي الى ايجاد عامل كوني معترف به بالاجماع. ومرة اخرى جاءت المفاهيم الجديدة تنضاف الى القديمة ولكن الرغبة لم تخف حدتها بهذا الشأن.

التكوين الجسيمي للمادة ـ ان المنازعات التي شغلت اواخر القرن 17 والسنوات الاولى من القرن 18 لم تتناول كثيراً أسس نظريات ارسطو ونظريات باراسلس Paracelse، كما أرادها بويل، بل تناولت التكوين الجسيمي للمادة، وتفسيرات التفاعلات، وبصورة رئيسية تأثير الاسس (القواعد Bases) على الاسيدات. هذه المناقشات الطويلة كان من نتيجتها تزكية المفهوم الجسيمي. عموماً، مما اتاح ادخال فكرة التجاذب الذي سوف نذكر تاريخه. ولكنها اغفلت عدداً كبيراً من المسائل التي اثارها وجود الذرات. لقد تميزت هذه الحقبة بجهود كبرى تخيلية من اجل وضع الرسيمات التمثيلية الاكثر تنوعاً ؛ الا ان اياً منها لم يستجمع الموافقة العامة. ولن ندخل في تفصيلات هذه البحوث التي تدخل في تاريخ النظريات الميتافيزيكية حول المادة اكثر مما تدخل في نظرية تقدم الكيمياء

ولكن تجدر الاشارة الى ان هذه النظريات كان لها تأثير كبير على الكيمياء. فهي بتعويدها الاذهان على تعريف معين للذرة، وبترسيخها مبدأ عدم تحطم الذرة، وثبوتها وخصوصيتها، قد اعدت الاذهان لمجيء فكرة الجسم البسيط التي صاغها لافوازيه Lavoisier في سنة 1780، ولمجيء النظرية الذرية الحديثة كما عرضها دالتون Dalton حوالي 1805.

ظهور الفلوجيستيك او السائل الناري ـ في الوقت الذي كانت تجري فيه هذه المناقشات، وتزدهر الكتابات حول بنية المادة، ادخل حدث مهم الوحدة المبتغاة جداً في نظرية الكيمياء : لقد اخترع ستاهل نظرية السائل الناري.

ان الفكرة القائلة بان العامل الكوني لا يمكن ان يكون الا مبدأ النار، صاغها الكيميائي الالماني ج. يواكيم بيشر J. Joachim Becher 1635-1682 . قال هذا الأخير بوجود مكونين للمادة: الماء

والتراب. ولكنه ميز بين ثلاثة انواع من التربة، التربة الزجاجية والتربة المادية والتربة المشتعلة. واعطى ستاهل Stahl لهذه الاخيرة اسم فلوجيستيك. ولولا قيام ستاهل Stahl 1703 بتطوير فكرة الفلوجيستيك، وقيامه ايضاً باعادة طبع كتاب « فيزيكا سب ترانا » الذي كتبه معلمه ثم كتاب سبسيمن بيشيريانوم Specimen Beccherianum الذي يحتوي اساس نظرية بيشر Becher، لبقيت كتابات هذا الاخير مجهولة تقريباً.

كان جورج ارنست ستاهل George Ernst Stahl طبيباً وكيميائياً 1660 – 1734. وقد علم في جامعة هال Hale. واوجد في الطب نظرية الاحيائية التي لاقت نجاحاً عظيماً. وكان موهوباً في رؤاه التركيبية التي عرضها في العديد من كتاباته بحماس وبعجلة قليلة. وكان يكتب مثل الكثيرين من مواطنيه باللاتينية وبالالمانية مختلطتين في جمله الطويلة جداً في بعض الاحيان. وظهر عرضه الاول لنظرية الفلوجيستيك سنة 1697 في كتاب اسمه اكسبريمنتا Experimenta... وقد وسع النظرية في عدة كتب نشرت بخلال السنوات الخمس والعشرين اللاحقة. ولكن افكاره لم تعرف الا من خلال كتب شراحه ومنهم جنكر Juncker في المانيا وسيناك Sènac في فرنسا.

ويجب ان لا يخلط بين الفلوجيستيك Phlogistique او النار المبدأ، والنار المرئية، او ان امكن القول النار المادية، التي تظهر باللهب وبالحرارة عند الاحتراق. ان الفلوجيستيك هو عنصر غير قابل للوزن او الاحاطة. وهو موجود في كل الاجسام القابلة للاشتعال مثل الكبريت والفحم والزيوت، وفيما بعد الفوسفور واثناء الاشتعال ينفصل عن هذه الاجسام. وخسارة الاجسام المحترقة للفلوجيستيك هي السبب في تغير خصائصها. من ذلك آن الكبريت اذا حرم من فلوجيستيكه بالحرق يعطي الاسيد الفيتريولي، والزيوت تعطي الماء وبعض البقايا التي هي زيت محروم من فلوجيستيكه. وحرق الزيوت والنباتات يسبب ظهور الفحم، والشحار الدخاني او فحم الخشب. ان الفلوجيستيك الموجود في الجسم المشتعل قد تجمع في الفحم. ولما كان الفحم يزول عند احتراقه تماماً، فمن المعقول اعتباره وكانه متكون بكليته من الفلوجيستيك. ولم يذهب ستاهل الى القول بان سواد الدخان هو الفلوجيستيك النقي، لأن الفلوجيستيك لا يمكن عزله. ولكن آخرين أشاروا الى هذا بعده وربما لم يناقضهم ستاهل في ذلك.

تكون وتحول الاكلاس المعدنية ـ وابرز ما في النظرية هو المظهر المغلق في تحول المعادن الى كلس، او تراب او اوكسيد، ثم تحول الاكلاس الى معادن. وتكون المعادن اغنى بالفلوجيستيك كلما كانت اسهل تحولاً. والمعادن الكاملة تحتوي القليل منه او تخلو منه تماماً. فاذا تكلس المعدن في الهواء يفقد فلوجيستيكه. ووجود الهواء معروف بانه ضروري منذ زمن بعيد لتحول المعدن الى كلس. ويعطي ستاهل لهذا الشرط تفسيراً ميكانيكاً يتلاءم مع عقلية العصر. الهواء يحرك جزيئات الفلوجيستيك وعندما تسرع الحركة ينفصل الفلوجيستيك. وتتم العملية ذاتها في كل الاحتراقات. وفيما بعد طبقت على التنفس.

الا ان تحول المعدن الى كلس يحصل عن طريق الرطوبة، فالمعدن بعد تذويبه في الاسيد

فيتـريوتيـك، او روح ألنيـتر (اسيـد نيتـريـك) والملح يتكلس فيبقى الكلس المعـدني. واثنـاء هـذه التحولات، يتحد جسم مزود بالفلوجيستيك (المعدن) بجسم محروم منه (آسيد). ويتسبب التكلس بذهاب الفلوجيستيك من المركب الذي يتحول بالتالي الى كلس.

وتحول الكلس هو نتيجة استحصاله على فلوجيستيـك من الفحم؛ الامر الـذي يحيي المعدن. وهناك مهمة برزت في الحال. ان تحول المعدن الى كلس يقترن بزيادة وزن المادّة، اما اعادة احياء المعدن فتقترن بنقص في الوزن. وهناك على ما يبدو تناقض ظاهر مع الواقع القائل بان خسارة الفلوجيستيك تقترن بزيادة الوزن، وتثبيت الفلوجستيك يقترن بنقص في الوزن. هذا التناقض فاضح بالنسبة الى كل ناقد عصري ثبت في ذهنه وجود علاقة ثابتة لا رجعة فيها بين المادة والوزن. هذه العلاقة كانت اقل بروزاً في نظر كيميائيي النصف الاول من القرن 18. بل وحتى كانت غير موجـودة عند البعض منهم. يجب ان لا ننسى بهذا الشأن، بان الفلوجيستيك لما كان مبدأ، فهو لا يخضع لثوابت المادة؛ فهو لا وزن له ولا كثافة، وربما كان حجمه له بعض الاعتبار. وقد كان كذلك. وقد بدأ ستاهل باعطائه خاصية الكائن القابل للانتشار. ثم سحبها منه فيها بعد. وتفسيراتـه للظاهرة المزعجة قـد تغيرت قليـلاً مع الزمن.

فقد زعم اولاً ان هذا الفرق في الوزن يعود الى ان المعدن وهو يخسر قسمه القابل للاحتراق اثناء التكلس، يزداد قسمه المحدد وزناً من جراء ذلك. وبعدها قال بان ذهاب فلوجيستيك يترك فراغات في المادة فيضغطها الهواء ويجعلها اوزن. وليس من المؤكد ان يكون الغموض بين الوزن والثقل النوعي قد خفي عليه تماماً، ولا على تلاميذه. وإذاً فهو لم يكن على يقين، إنَّ ما عنده مجرد إيحاء يسمح برؤية طبيعة الأسباب الحقيقية للظاهرة، وان لم تكن قد توضحت بعد.

نجاح الفلوجيستيك واسبابه ـ لم تكن المسألة هي مسألة اصلاح النظرية او ادانتها، لانها لا تشرح زيادة وزن المعادن المتكلسة، بل ابقاء الظاهرة ضمن حدود النظرية وكان في هذا الموقف سبب دامـغ : لا توجـد اية نـظرية اخـرى تشمل مجمـل المعارف الكيميـائية يمكن ان تقف بـوجه نـظريـة الفلوجيستيك. ان هذه تبدو تتويجاً لتطور الكيمياء منذ نشأتها لانها تجعل من الفكرة القديمة فكرة المبدأ معتقداً بيِّناً. فالفلوجيستيك لم يكن على الاطلاق كائناً من نسج الخيال. لقد كان الشيء المنتـظر منذ زمن طويل. انه شيء من نفس نوع بعض العوامل الاخرى التي لا تمسك ولا توزن، والتي لم يوضع وجودها موضع الشك والتي يلعب بعضها دوراً معروفاً في عمليات الكيمياء، مثل الضوء والمغناطيسية والكهرباء. وكانت هذه الاخيرة معروفة بصورة افضل منذ نصف قرن تقريباً. وقد سبق لستيفن غري Stephen Gray ودوفاي Dufay ان اعطيا عنها القوانين الاولى، في الوقت الذي كان فيه نظام ستاهل Stahl يثبت نفسه. الم يكن، مـن الجسم الاكثر حمـلاً للفلوجيستيك، وهـو الكبـريت، أوتـوغـريك Otto de Guricke قد استمد الاثار الاولى الكهربائية القابلة للتطويع ؟.

واخيراً لم يكن نظام ستاهل يتناقض مع اي مفهوم من المفاهيم الميتافيزيكية الكبرى. فقد كان يرضي الديكارتيين لانه يعطي معنى كيميائياً لمفاعيل الحركة، وانه كان يعطي اهمية لمظهر المادة وشكلها

أكبر من الأهمية المعطاة للجاذبية الأرضية ، كما أن صورة الجزيئات كانت تتعلّق بالحالات الفيزيائية ؛ كما كان يرضي الذرين رن مفهوم الجزئيات كان في أساسه ؛ وسوف يرضي النيوتونيين لأنه كان يتلاءم تماماً مع مفهوم التجاذب أو الإلفة ، كما وان الفلوجيستيك استطاع أن يكون في رأس العامود في جداول التآلف والتجاذب .

شمولية الفلوجيستيك ـ لقد ساد الفلوجيستيك بدون منازعة لانعدام المزاحم. وكانت شموليته ترضي نفسية الكيميائيين. وبهذا الشأن لم يتوقف ستاهل عن ظاهرات الاحتراق. كانت كيمياؤه ترتكز على قاعدتين افتراضيتين. الاولى تجعل من الفلوجيستيك العامل الذي سبق ووصفناه. والثانية تقول أن الأجسام تجذب مثيلاتها وأشباهها . فعندما يتكون جسمان من نفس المبدأ فإنهما يتحدان بفضل هذا العنصر المشترك . وتتلاصق خلاياهما من جوانبهما الأكثر تشابهاً . وهكذا يشرح تكون الأملاح ، كما يشرح قابليتها للذوبان في الماء وتكون المزائج المعدنية .

وقد طور ستاهل نظريته حول الاملاح. فقد رأى نوعاً من التشابه التركيبي بين الاملاح والقلويات. وهناك آسيد شامل يدخل في تكوين الآسيدات. هذا الاسيد اذا اتحد مع الفلوجيستيك، بفعل المزج كون الآسيد نيتريك. وهذا الاخير يأخذ من الفلوجيستيك خصوصية تذويب المعادن عملاً بقاعدة التشابه. وهناك ملح اساسي يمتزج بالفلوجيستيك فيعطي القلويات. ومن الاول، اي من الملح الاساسي يأخذ القلوي ذوبانيته ويأخذ من الفلوجيستيك حدثه وقليه.

ان الفلوجيستيك لم يكن فقط عامل الاحتراق بل هو في اساس الخصائص الكيميائية وحتى الفيزيائية الرئيسية مثل الرائحة واللون.

وكان الكيميائيون في مطلع القرن الثامن عشر منقسمين وغير واثقين، فاستقبلوا نظرية الفلوجستيك بحماس لانها تتجاوب مع توقعاتهم. ومن اليسير على مؤلف معاصر ان يثبت ضعف وتناقض هذه النظرية وذلك باثبات خطأ اساسي في قاعدتها.

هذا الخط الأساسي الذي لم يناقش والذي يعتبر غير جديد بالمناقشة، منذ قرن ونصف ، لم يكن بالإمكان أخذه بالاعتبار من قبل معاصري ستاهل لأنهم لم يكونوا يتوقعون وجود غازات . وتفهم أهمية الفلوجيستيك التاريخية بصورة أفضل ان حاولنا ، متجاوزين هذا الخطأ ، فهمه كما فعل الكيميائيون في القرن الثامن عشر . إذ كيف يفسر بشكل آخر العناد والصلابة التي دوفع عنه بها ضد هجمات لافوازيه ؟ .

هل يتوجب ، كما فعل الكثير من المؤرخين ، أن يكون كل الكيميائيين الذين حاربوا أفكاره أو وقفوا منها موقف اللامبالاة ، أن يكونوا أغبياء فيدافعوا منافقين عن براهين باطلة ؟ .

إذاً يجب ان نضع بينهم اشخاصاً امثال برستلي Priestley وشيلي Scheele، وكافنديش Cavendish، وماكر Macquer وكيروان Kirwan وريختر Richter . ويبدو من العدل اعتبار نظرية ستاهل بمثابة نظرية عظيمة .

الكتاب الثاني :

علوم الطبيعة

الفصل الأول :
علم الحيوان (زيولوجيا)

I ـ المعارف الزيولوجية

موسوعة الدروفاندي d'Aldrovandi: لأخذ فكرة عن حالة علم الحيوان في بداية القرن السابع عشر، يجب استشارة الموسوعة الكبيرة في عشرة مجلدات من القطع الوسط التي وضعها اوليس الدروفاندي Ulisse Aldrovandi، 1552 — 1605، الذي كان استاذاً في جامعة بولونيا. وكان الكتاب قد اعد بخلال نهاية القرن السادس عشر. ولكن مجلداته نشرت بين 1599 — 1616. ونحن نستطيع بحق ان نأخذه كنقطة انطلاق .

نعرض اولاً مجملاً للنظام الذي اتبعه المؤلف في تصنيف الحيوانات. القسم الاول يتضمن الحيوانات ذات الدم الاحمر والتي تطابق ما يسمى في ايامنا بالفقريات. وهذه مقسمة الى :

I ـ رباعيات الاقدام الثديية الولادية

II ـ رباعيات الاقدام ـ البيضية .

III ـ الطيور .

IV ـ الاسماك ـ الحوتيات .

V ـ الحيات ـ التنينات .

والقسم الثاني يضم كل الحيوانات التي دمها غير احمر. هذه العلقات هي ما نسميه باللافقريات وتتوافق مع انيمات Anaimes ارسطو وهي تقسم الى :

VI ـ الرخويات .

VII ـ الصدفيات

VIII ـ القشريات .

IX ـ الحشرات .

X ـ الاسفنجيات .

يمكن ان نعجب من ضخامة الكتاب. وذلك انه يعنى بصورة خاصة بالتاريخ الادمي للحيوانات

حيث الوصف الزيولوجي مختصر. فمن اصل 294 صفحة مخصصة للحصان يوجد فقط ثلاثة او اربعة تعالج الصفة الزوولوجية للحيوان . أما البقية فهي تجميعات واسعة ، مع ذكر أسماء المؤلفين ، لكل ما كتب عن الحصان أو نقل أو زعم من جميع الأوجه : ترادف ، مسكن ، تربية ، مزاج ، عاطفية ، أمانة وسماحة ، ذاكرة ، توالد ، محبة وكره ، استخدامه في الحروب وفي الألعاب والانتصارات . لم يُنس شيء : الأساطير مثل التضحيات والتحولات ، والأحصنة الاسطورية والسانتور (كائن خرافي نصفه انسان ونصفه حصان) . وخُصص قسم للامثال المتعلقة بالاحصنة وصورها المرسومة أو المحفورة أو الموسومة على النقود والميداليات الخ . وهنا يتبع الدروفندي أسلوب سابقيه ، وخاصة ش. غسنر .

يوجد في علم الزوولوجيا تراث ـ الكثير منه يعود الى ارسطو ـ واراء عن مؤلفين قدامى . واقوال هؤلاء تتقدم على الملاحظات والتحقيقات الاكيدة. من ذلك ان الدروفندي يصنف الوطواط وهو من الثدييات المجنحات الأيدي ، بين الطيور ، لسبب وحيد أنّ له أجنحة وأن الناس يعتبرونه من الطيور . التشابه السطحي له وزن هنا أكثر من الفوارق العميقة في الأجهزة ، وهذا أمر يعرفه الدروفندي Aldrovandi .

ويعترف المؤلف ان الوطواط ليس له ريش ولا اجنحة تشبه اجنحة الطيور. ويعرف أنّه يطير بواسطة غشاء متكون من جلده الممتد بين الأصابع والسلاميات المستطيلة. بل انه قدم هيكلاً عظمياً لوطواط وهذا الهيكل يبرز الفرق. ولا يجهل المؤلف ان هذا الطير المجنح اليدين لا يبيض مثل الطيور بل يولد صغاراً احياء . ويعرف ان صغار الوطواط تتمسك بامها معلقة باثدائها وانها تتغذى بحليبها كما ذكر ذلك بلين Pline. واخيراً يلاحظ ان الصغار تولد عارية من الشعر وتكتسب الوبر الذي يشبه جلد والديها وكل الاربعيات الحيوانية. لكل هذه الاسباب، يلاحظ الدروفندي Aldrovandi ان الوطاويط تشبه هذه الاربعيات اي الثدييات. ويقول انه من الافضل تركها بين الطيور تمشياً مع التراث، وببساطة لانها تستطيع الطيران.

اما الحيتانيات التي هي لبونات بحرية فتطرح مشكلة مماثلة. فقد صنفت الحيتانيات بين الاسماك دائماً لانها تعيش في الماء . الا ان الدروفندي يعترف بان هذه الحيوانات مثل الحوت والدلفين لا تتنفس بالغلاصم بل بالرئات. ويشير الى ان كل اعضائها الداخلية مثل القلب والاوعية الدموية والرئتين والاعضاء التناسلية والاثداء، تجعلها اقرب الى الاربعيات الولودة. الا انه لم يجرؤ على استخراج النتائج التي تفرض نفسها. ومن باب الحذر يعالج الكتاب الذي نشر سنة 1613 الاسماك والحيتان في قسم واحد . ومن بين هذه الأخيرة توجد الفقمة وهي زعنفية الأقدام ، وخروف البحر (لامانتان) الذي هو من الخيلانيات (Siremiens) والمنشار وهي سمكة من الاسماك بدون هيكل عظمي (Selaciens) . والنظر إلى الأطراف فقط كان يكفي لتفادي هذه الأخطاء الناجمة عن التشابه السطحي وأشكال الحياة المتشابهة .

1 ـ من بين الاربعيات الولودة، عرف الدروفاندي، كسابقيه عدداً من المجموعات المتجانسة

مثلاً (الوحيدات الاصبع) ذات الرجل الوحيدة الاصبع والتي تحمل حافراً وحيداً؛ ويمثلها الحصان، والحمار، والحمار البري الأوناغر. فلماذا حشر بينها الفيل الذي تحتوي رجله على خمسة اصابع رغم بساطة مظهرها. اما ذات الظلفين فهي حيوانات لها في ارجلها اصبعان وتطبق على ما نسميه بالحيوانات المجترة: يذكر المؤلف بحق البقرة والخاروف والماعز والايل والجمل والزرافة. ويعتقد انه من الواجب ان يضم اليها وحيد القرن وله ثلاثة أصابع وينتمي الى مجموعة مختلفة جداً.

ونلاحظ ان الحس الالهامي في المشابهات يدفعه احياناً الى ايجاد سلسلات طبيعية. ولكن حتى في هذا المجال، مجال الثدييات، وهي الاسهل دراسة، والاقرب الى الانسان وذات التشريح المعروف، يقع هذا المؤلف كل حين في الخطأ: فالتفحص غير الكافي وانعدام الصفات الواضحة التي يمكن ان تستخدم كمعايير لا تسمح له بتفادي مقارنات توحي بها مشابهات سطحية. ولا نعثر في اي مكان من كتابه لاي ظل لمنهج يمكن ان يؤدي الى تصنيف مناسب ومنطقي او حتى طبيعي.

II ـ اما الكتاب المخصص للاربعيات البيضية فيضم الزحافات والضفدعيات. فقط لان هذه الحيوانات لها اربعة ارجل وتبيض البيض. ووجود ذنب يكفي لتقريب الزحافات ذات الجلد الصدفي مثل الحردون والضفدعيات ذات الجلد العاري مثل الشموسة والسقاية.

وقد فصلت الافاعي عن الزحافات الاخرى لانها ليس لها اطراف. وتعامل بذات الوقت كحيوانات اسطورية مثل التنين والعظاءة.

III ـ وفي ما يتعلق بالطيور نجد هنا وهناك بعض المجموعات المتجانسة او شبه المتجانسة: كالجوارح والدجاجيات مثل الدجاجة والتدرج والحجل والقطا. ونجد فيها ايضاً بعض القانصات ذات الساق الطويلة. اما اليمائم فتعرف تعريفاً جيداً، ولكن غالبية الاقسام الاخرى تبدو متنافرة. وبعض المجموعات هي سلوكية خالصة، مثل الطيور التي تؤم شواطىء المياه أو مثل مجموعة الطيور المغردة.

IV ـ بالنسبة للأسماك يتبع الدروفاندي أسلوب ش. غسنر C. Gesner فيفرز الأسماك التي لها هيكل غضروفي عن غيرها. ان هذا الفصل ممتاز: فبعض هذه الحيوانات لها شكل مستطيل مثل كلب البحر او القرش اما الاخرى فلها شكل مسطح مثل الشفنين البحري او اللياء (Raie) والرعادة او الطوربيد. وقد نعجب ان نرى بين اللياء عفريت البحر وهو سمكة ذات هيكل عظمي. ويجب ان نذكر هنا انه يوجد خطأ تقليدي ارتكبه سابقاً ارسطو، وتقيد به باحترام، روندليه Rondelet وسالفياني Salviani وغسنر Gesner. اما بقية الاسماك فقد صنفت بدون قاعدة وفقاً لأسلوبها في الحياة: أسماك الصخور، أسماك الشواطىء، أسماك الأنهر، وأسماك البحيرات . . . وهذا يؤدي الى مجموعات مصطنعة.

V ـ ولكي يكون كاملاً حرص الدروفاندي على وصف وعلى تصوير كل الكائنات الاسطورية: حيات البحر، ويعطي عنها صورتين مختلفتين نوعاً ما، والطيور الاسطورية مثل: العنقاء،

المرأة الطائرة ، الستيمفال والتنينات التي توحي صورها بصور الليات البحرية التي اتخذت أشكالاً غريبة بفعل التنشيف . ويبدا المؤلف موفقاً أكثر عندما وصف وحوشاً حقيقية (الوحوش المزدوجة ، حيوانات ذات رأسين ، كلاب (Les éctrome) محرومة من الأرجل الأمامية ، دجاجة بشكل شيهم ، حالات بشرية خاصّة .

وعندما وصل الى دراسة العلق (نقول غير الفقريات) نغوص هنا في عالم ذي ثروة لا تصدق، ما تزال حتى اليوم غير مستكشفة، ويتشكل هذا العالم من حيوانات ذات تكوين عضوي مختلف جداً ، كـان تشريحهـا الداخـلي غير معـروف تمامـاً تقريبـاً . فكيف يمكن تصنيف هذه الكـائنـات الا سنـداً للمشابهات السطحية ووفقاً لتراث قديم ؟ .

VI- الرخويات - انها توافق ما نسميه باللاصدفيات، وتمثل برأسي الارجل المحرومة من الغطاء الصدفي الخارجي ورأسها محاط بأذرع مزودة بمصاصات: مثل الاخطبوط، والسبيدج والحبّـارة. وتقليداً لغسنر اضاف الدروفندي الى هذه المجموعة المتناسقة الارنب البحري الذي ليس له ادنى علاقة بهـذه اللاصدفيات . الا انه اغفل الارغونوت والنرتيل التي نجدها في مقطع آخر.

VII - الصدفيات - انها قبل كل شيء الحيوانات ذات الصدف او الغطاء الحجـري مثل ذات الاسنـان او النـابيـة والموركـس Murex، والتيـربـو Turbo، والتـروشـوس Trochus، والبـزاق Cochlea. واستعمل اسم كونشا Concha للدلالة على الرقاقيات مثل الجرنيـة، والقالب، والمحـار وسولن، وبيكتن وسبونديلوس، وكلها صنفت بصورة مصطنعة بحسب تزيـين قوقعتهـا : صدفيـات مخططة ومخدّدة وشوكية. ومن بين الصدفيات ذكر الدروفاندي النوتيل، التي لم يعرف عنها الا قوقعتها والتي هي صدفية رأسية الارجل بدائية. ووصف كنـوع آخر من النـوتيل والعنـقريـط وهي صـدفية مشهورة تصنف من بين الرخويات ، القريبـة من البولب (الاخـطبوط). امـا الاغفال او الاهمـال فيفسر بالصورة المعطاة لها. انها عنقـريط انثى، تمسك، بين ذراعيها المسطحين، السلة، التي تذكـر بشكلها بالقوقعة، التي يفرزها الحيوان عند توالده، وفيها ينقل بيضاته. وتسكن النوتيل في المقصـورة الأخيرة من قوقعتها . أما العنقـريط العارية فتمسك بمهد بين ذراعيها : وهذا يكفي لايجاد تقريب مرتكز على عماثلات سطحية خالصة .

اذا وضع هذا الخطأ جانبـاً، فان مجمـوعة الصـدفيات تكـون متجانسـة، اذا لم تكن اشكال اخرى، ليس لها ادنى علاقة بالصدفيات، قد حشـرت فيها. مثـل البالان (بلوط البحـر) والاناتيـف (قشرية تصوق) التي هي من القشريات. والالتباس يأتي من كون هذه الحيوانات مثبتة وان جسمها محاط بصفيحات مكلسة يصعب رغم ذلك اعتبـارها صـدفة. ولنفس السبب نجـد بين القشـريات، التـوتيـاء (اشينوس Echinus، وسباتنغوس Spatangus) والتي هي ذات جلد قنفذي وغشاؤه يحتوي على صفيحات كلسية.

VIII - والقشريات تتوافق مع قشرياتنا العليا، ومع ذات العشر ارجل. ويعرف الدروفاندي

بصورة خاصة الاشكال الكبرى مثل لانغوست [الكركند (جراد بحري)]، والكراب Crabe (اجناس من المرطان البحرية). وقد قدم ملاحظات مفيدة حول مقرن الذنب والراهب الذي ينزل في الاصداف الفارغة وحول طريقة تركه عندما يكبر للقوقعة الفارغة التي جعل منها مسكنه سابقاً ، ليتخذ بعدها مسكناً اوسع اكثر ملاءمة لجسمه . في حين يجهل الكاتب تماماً كل القشريات الدنيا .

IX ـ وبعد تخليص عالم اللافقريات من الصدفيات والقشريات العليا السهلة التميز تبقى كتلة من العضويات صنفها الدروفاندي ، كسابقيه في هذا الخليط الذي هو مجموعة الحشرات : فيقسم هذه الحشرات الى حشرات أرضية وحشرات مائية . ثم يقسمها الى فروع ذات أرجل وغير ذات أرجل . والأرضيات المزودة بأرجل تكون مجنحة أو غير مجنحة .

اما المجنحة فتتوافق مع ما نسميه بالحشرات. فنجد فيها النحل والدبور والزرقط والزرزور واليعسوب والفراشات. وقد تميز الكاتب بانه عرض عدة انواع من الفراشات بجانب دودتها ويسروعها ونغفها. واوجد بحق فرع المجنحات التي ليس لها الا جانحان مثل الذباب والبرغش. اما مجموعته من مغمدات الاجنحة فتتضمن حشرات حقة من هذا الصنف مثل (الجعل او الجعران، والخنظب والسيرامبيكس والذّراح كما تتضمن ايضاً الجراد والمرعوفة والراهبة والبلات (بنت وردان) التي هي من الاودتوبتير (مستقيمات الاجنحة) .

واذا كان تصنيف مجمل الحشرات المجنحة صحيحاً تقريباً ، فان مجموعة آبتير (عديمات الاجنحة) تحتوي على خليط منها النمل باعتباره بدون اجنحة (ايمنوبتير Hemiptères)، ثم البق (نصفية الجناح)، والبرغوث والقمل، وما هو اخطر العقرب والعنكبوت التي هي العنكبوتيات والدخدخيات (كثيرة الارجل) .

اما مجموعة الحشرات الارضية غير ذات الارجل فلم تعرف تعريفاً جيداً ،واختلطت في معظمها مع الدود. فنجد من بينها دود الارض ودود الحيوانات مثل التينيا والاسكاريس، كما نجد البزاق والتي هي صدفية بدون قوقعة.

اما قسم الحشرات المائية فهو خليط غير معقول من الحلقيات التائهة (سكولوبندرامارينا Sco-lopendra Marina) والحلقيات ذات الانبوب والقشريات مثل برغوث البحر والعلق والدود البحري، يضاف اليها نجمة البحر التي هي Ophiures . وفقاً لتراث يعود الى روندليه صورت اسماك حصان وزمّارة البحر Lophobranches من بين جملة الديدان . وكان سالفياني Salviani قد أعتبرها بمثابة مقذوفات البحر .

X ـ والمجموعة الاخيرة، مجموعة الاسفنجيات تضم حيوانات لم يعرف ارسطو اين يصنفها : مثل الاكتيني Actinies او اينمون البحر، الريزوستوم Rhisostome أو الرئة البحرية، والهولوتوري L'Holothurie التي هي من القنفذيات،والاسيديات وهي من المغلّفات،وبصورة خاصة الاوفامارينا

Uva Marina التي هي مستعمرة من البوتريلات، والالسيونيوم L'Alcyonium او يد البحر، خليط عجيب ينتمي الى مجموعات متباعدة جداً.

وعلى كل حال يدل كتاب الدروفاندي على نفس مستوى المعرفة، وايضاً على نفس مستوى الجهل كما في مؤلفات الذين سبقوه. ونجد عنده نفس الاخطاء التي اصبحت بمثابة تراث. اما التقدم فلا وجود له. فقد استسلم هذا العالم الطبيعي للتضليل بفعل مشابهات مجسمة. فخلط بين قشرة التوتياء وغشاء (البالان) بلوط البحر وصدفة الحلزون لانها جميعاً اقسام صلبة ومتكلسة. وقلما عرف نمط التنظيم المشبه لمجموعات القنفذيات، وتناظر خماسيات الاجزاء حتى ان المحار صنف بين الصدفيات ونجمة البحر والافيوربين الحشرات، في حين صنفت قثاء البحر بين الاسفنجيات.

مسرح الحشرات لتيوفيل موفت Th.Moufet ـ يذكر في بعض الاحيان كتاب مسرح الحشرات 1634 لمؤلفه: موفت، باعتباره اوجد نوعاً من التقدم وهذا ما اشك فيه. فالكتاب كانت له قصة طويلة. فمواده الاولية، جمعها غسنر ولم يستعملها، فانتقلت الى تومامس بني الذي كان قد سبق له واستحصل على مستندات جمعها إد وطن Ed.Wotton حول ذات الموضوع. واشتغل بني Penny خمس عشرة سنة ليجمع شتات هذه الموارد ولكنه مات قبل أن ينهي عمله. وعلى الرغم من سخرية محيطه قام طبيب انكليزي من لندن هو توماس موفت Thomas Moufet فقرر العودة الى ما صنعه سابقوه. ومات بدوره سنة 1604 قبل ان ينشر كتابه الذي لم ير النور الا سنة 1634.

وكانت الحشرات المجنحة هي الافضل معالجة وتصنيفاً وخاصة النحل. وقد ارتكب المؤلف خطأ حين اعتبر ملكة النحل ملكاً. ووضع جدولاً رعائياً وكيفياً في الحياة داخل القفير. والملك يفرض نفسه على رعيته بضخامته وبلطف آدابه: وهو حصيلة اختيار ذكي وحذر. والنحلات، رغم طاعتها له تحتفظ بحريتها وبحكمها وتبقى مرتبطة بملكها بحماس. وبعد ذلك وردت المجمعات المعتادة حول اعداء النحل وامراضها، والضجيج الذي تحبه والضجيج الذي تخافه. ولا ينسى المؤلف الاسطورة التي تجعل النحلات مولودة بفعل تلف الجثث، جثث الحيوانات النبيلة كالثيران والبقر واذا فالشعب النحلي مولود من اللحوم في حين ان الملوك والقادة تولد من الدماغ الذي هو المادة الاكثر لطافة ولهذا فهي اضخم واكثر حذراً وقوة.

اما مجموعة مزدوجات الاجنحة فتتضمن حشرات اصيلة ذات جانحين مثل الذبابة والنعرة والتيبول او حشرة النباتات، كما تتضمن ايضاً الحشرات ذات الاجنحة الاربعة مثل: (الزعاش Libellule، والاغريون Agrion والكالوبتريكس Caloptéryx. ويكاد لا يصدق ان المؤلف لم يعر اهتماماً على الاطلاق لصفة اكيدة هي عدد الاجنحة. فضلاً عن ذلك، وضع ت. بني Th.Penny ملاحظات مفيدة حول خلق الذباب: فقد شاهدها تتزاوج وتبيض البيض الذي تخرج منه الدويدات.

ويتضمن الكتاب رسوماً جيدة لحوالي 60 نوعاً من الفراشات قلما وضعت بجانبها يرقاتها. ومن حيث المبدأ وضعت اليرقات جانباً في القسم الثاني من الكتاب اي في قسم عديمات الاجنحة وهناك عدة

مجموعات من الحشرات المجنحة المتناسقة مثل الصرصار والزرزور والبلات (بنت وردان) والخنفسة او الجعل.

اما عديمات الاجنحة فتتضمن، كما هو الحال دائماً خليطاً من الحشرات والعنكبوتيات والبق والقراد والدود. وتحت اسم لومبريك (دودة كبيرة) وردت التينيا، والدودة الخيطية. اما حلقة الدودة الوحيدة فتوصف بانها دود متحرك يشبه بزر القرع دون توضيح لمنشئها. وبالمقابل يشير موفت Moufet الى وجود دودة لومبريك Lombric في الهند وفي مصر اسمها دراكونسيا Dracontia تحدث اوراماً تحت الجلد وهي ما يعرف بخيطية المدينة.

وبقي الكتاب غير مكتمل وينتهي بلوحتين رسمت فيهما بدون شروحات التينيا والعناكب وعقارب وهرميلات وبيناتول Pennatule ودودة العومة ويرقات، ووفقاً للتراث رسم ايضاً حصان البحر المسكين. هذا البازار الصغير من الحيوانات يدل على عجز العلماء يومئذ عن الاحاطة بعالم الحشرات الواسع.

التاريخ الطبيعي لجون جونستون J.Jonston ـ وآخر انسيكلوبيديا حيوانية كبيرة صدرت سنة 1657 الى 1665 هي التاريخ الطبيعي لجون جونستون 1603 ـ 1675 الذي ظهر بعد مئة سنة من كتاب غسنر C.Gesner. رتب الكتاب، بدون تغيير تقريباً وفقاً لخطة غسنر والدروفاندي ونجد فيه الاربعيات الولودة والبيضيات (الضفدعيات والزواحف) والطيور بما فيها الوطواطية (الوطواط)، والاسماك والحوتيات التي كان الدروفاندي قد فصلها والحيات والتنينات والحشرات (الحشرات بالذات والعنكبوتيات والمتعددات الارجل، ومع الدود والبزاق والصدفيات الدنيا والعلق ونجمات البحر وخصان البحر طبعاً) .

والرخويات تشمل رأسيات الارجل والابليات. اما الصدفيات فتشمل الرخويات ذات القوقعة والمعويات والصدفيات المسطحة وكذلك المحار بانواعه اما القشريات العليا فتشكل مجموعة متناسقة ولكن القربيات تضم خليطاً من الاكتينات وطيور البحر وقثاء البحر.

وقد قلد الدروفاندي بيلون وغسنر نوعاً ما. وقلد جونستون الدروفاندي. وما جدوى هذا التاريخ الطبيعي الذي لا نعثر فيه على اي جديد. نفس الاخطاء ونفس الغموض يتكرر. وطيلة قرن من غسنر (1551 الى 1558) حتى جونستون (1657 الى 1665) لم يتقدم علم الحيوان اية خطوة محسوسة وظل في حالة جمود كاملة.

عمل ري وويللوفبي Ray et de Willoughby ـ كدت انهي بهذه الملاحظة المتشائمة هذه الدراسة لو لم يظهر في اواخر القرن كتاب ج. ري G.RAY (1627-1705) وصديقه ويللوفبي اللذين ادخلا نفساً جديداً. مات هذا الاخير باكراً وكان مساعداً للاول. فاصدر ري كتاب اوتينولوجيا (الطيريات) لويللوفبي سنة 1675 وكتاب هيستوريابيسوم Historia Piscium.. 1686 واكمله بتحرير

الكتابين الاولين. واصدر بذاته مختصراً عن الأربعيات وعن الحيّات في سنة 1693. ولم يصدر كتابه تاريخ الحشرات الا بعد موته سنة 1710.

كان نظام ري Ray مستوحى من نظام ارسطو. فالفقريات قسمت الى رخويات وقشريات وصدفيات وحشرات. وبالمقابل توضح تصنيف الفقريات باستعمال معايير تشريحية. وقد ميز ري الاسماك التي تتنفس بالغلاصم عن غيرها من الفقريات ذات التنفس الرئوي وبنية القلب اتاحت عزل الزحافات التي ليس لها الا بطين واحد. اما الثدييات والطيور التي لها بطينان فقد انفصلت بفعل ان الاربعيات من الثدييات هي ولودة ومغطاة بالوبر في حين ان الطيور تبيض وعليها لباس من ريش. ولم يكن من الممكن ترك الحوتيات التي هي ثدييات معروفة الى جانب الاسماك واعترف ويللوقبي بانها تتنفس بالرئة وانها تتزاوج مثل الاربعيات، وتضع أولاداً أحياء صغاراً وانها تتوافق في بنيتها وفي تكوين أعضائها الداخلية مع الأربعيات الولودة . وعلى كل لم يجرؤ ويللوفبي على استنتاج أمر كان ثورياً ويميل إلى ترك الحوتيات بين الأسماك . وكان ري منطقياً أكثر وحذراً أكثر فافرد لها مكاناً خاصاً .

وكان نجاح هذا التصنيف المتعلق بالفقريات قد دل على الاسلوب الذي كان يجب اتباعه لتوضيح عالم اللافقريات. ولكن محاولته كانت مبكرة.

II ـ التشريح الحيواني

كان علماء الطبيعة في تلك الحقبة يمتلكون علماً معمقاً حول التشريح البشري، يمكن ان يستعمل كمرشد لدراسة الفقريات. وقد شرح العديد من المؤلفين الحيوانات السهلة التناول او الآتية من الحظائر، ووصفوا تكوينها الداخلي. وكانت هذه البحوث تتابع بدون خطة عامة. وكانت المقارنة تفرض نفسها احياناً، ولكن التشريح المقارن حتى المقصور على الفقريات لم يكن موجوداً بعد.

الا انه سبق لبيلون Belon سنة 1555 ان ابرز المماثلة في بنية الهيكل البشري وبنية العصفور، واضعاً الحيوان في وضع مماثل، واقفاً والجناحان مرخيان على طول الجسم مثل الذراعين. وقد نشر الدروفاندي Aldrovandi هذه الصورة لبيلون Belon .

ووضع ليونارد دافنشي مقارنة دقيقة بين عظام الفخذ والرجل عند الانسان وعظام القسم الخلفي من الحصان. ولكن هذه الامثلة قلما اتبعت.

ولكن م. آ سفيرينو (1580 – 1656) M.A.Severino الذي كان استاذاً في كلية نابولي، نشر سنة 1645، كتاباً جيداً عن التشريح الحيواني، ركز فيه على التشابه البادي في الحيوانات رغم الفوارق بينها، ولكنه اراد التعميم كثيراً، ووضع مقارنات بدون قيمة بين الحيوانات والنباتات.

وجمع المشرح الهولندي ج. بلاس G. Blaes (أو بلازيوس Blasius) في كتابه « تشريح الحيوانات » (1681)، مجمل المعارف المكتسبة حول الحيوانات الرئيسية المنزلية وكذلك حول الاسد

والنمر والضبع والارنب والفأر، والفيل والايل والجمل ذي السنمين الخ. وضم الكتاب حوالي ستين لوحة فيها الصور الاصيلة التي نشرها سابقوه. ولكن بلاس Blaes لم يتبع اية خطة منهجية في العرض، ولم يعالج تباعاً الاعضاء، مما منعه من القيام بعدة مقارنات مفيدة.

ومن بين علماء التشريح الاخرين يمكن ذكر فابريسيو داكوابانـد نتي Fabricio d'Acquapendente (1533 – 1619) الذي وصف المعدة ذات الاربع جيوب عند المجترات. وكان واحداً من الاوائل الذين درسوا النمو النطفي عند الفرخ، وقد عرف مختلف انماط المشيمات لدى الثدييات وترك صوراً ملونة في التشريح الحيواني.

كان ك. بيرو CL. Perrault (1613 – 1688) مترجماً لعلماء الطبيعة في الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس. وكان هؤلاء قد حققوا ابتداءً من 1667 برنامجاً مستمراً في الدراسات التشريحية وفي تشريح الحيوانات. ونشر الطبيب والمهندس بيرو سنة 1671 سلسلة من الدراسات حول الاسد والقنفذ والشموا والنسر والنعامة والسلحفاة والحبيش الخ، اعتبرت مستندات ثمينة وبيرو هو الذي اكتشف الصمام الحلزوني في امعاء الاسماك « السيلاسية » وهي نوع من الاسماك خال من الهيكل العظمي.

ونحن ندين الى دوفرني Duverney بعدة مذكرات نشرت بين 1676 و1693 حول تنظيم الحيوانات التي سبق له ان شرحها: مثل الافعى والنعامة والقنفذ والفهد والفيل. ووصف س. كولينز S.Collins في نظامه التشريحي 1685، بصورة خاصة تشريح الطيور والاسماك ونشر ادوار تيزون Edward Tyson دراسات خاصة عن الدلفين 1680 والكروتال 1683 (حية خبيثة) والابوسوم وهو حيوان يتظاهر بالموت عند الخطر (1698) والشامبنزي (1699).

وقد ترك العالم التشريحي والنباتي الدانمركي نيلس ستينسن Nils Steensen (نقولا ستينون Nicolas Sténon) (1638 – 1686) اعمالاً مهمة حول تشريح بقرة البحر او اللياء (1664) وكلب البحر او القرش (1667)، وحول العديد من الاسماك الخالية من الهيكل العظمي (1673). وفي سنة (1673) ايضاً نشر دراسة حول عضلات النسر. وتعتبر هذه الدراسة من اروع الاعمال التشريحية في ذلك العصر رغم انها لا تتضمن اية صورة. ويبدو الطبيب الهولندي نقولا تولب Nicolas Tulp الذي كان من بين الشخصيات في لوحة درس التشريح التي وضعها رامبرنت Rembrandt . كان هذا الطبيب قد خصص في « ملاحظاته الطبية » (1640) دراسة قصيرة حول « الاورانغ اوتان Orang Outan ». ورغم انه اشار الى ان الحيوان قد اسر في انغولا، فقد ذكر ان هذا الحيوان جريء في بورنيو Bornéo لدرجة أنه يهاجم ليس النساء فقط بل الرجال المسلحين. وشدد تولب Tulp بعد أن قدم صورة عن هذا الحيوان، على الشبه العجيب بين هذا القرد الكبير والانسان. فالوجه والاذنان هما كاعضاء الانسان . أما الأطراف فشبيهة لدرجة كبرى أكثر من شبه البيضة بالبيضة وهكذا قليلاً تجمعت المواد التي تتيح يوماً ما بناء تشريح مقارن بين الفقريات .

والكلمة استعملت لاول مرة من قبل ن. غرو (1675) N.Grew كعنوان لمذكراته حول الجذع والمعدة والامعاء لدى مختلف الثدييات والطيور والاسماك.

وإذا كان علم الفقريات قد ارتدى درجة من الدقة فان علم اللافقريات كان بدائياً . كيف استطاع علماء الحيوان في تلك الحقبة أن يهتدوا إلى الطريق داخل هذه الآلاف من الحيوانات المركبة وفقاً لخطط بنيوية متعددة ومختلفة يجهلون تشريحها الداخلي ، وليس بين أيديهم من مرشد إلا المظاهر الخارجية فقط ؟ وكيف تسنى لهم أن يخلطوا بين صدفية المحارة (الشوكية الجلد) والقطع الكلسية في أجسام القشريات وقوقعة الحلزون (الرخوية) لتجميع هذه الحيوانات العضوية ضمن مجموعة واحدة هي مجموعة الصدفيات ؟ نذكر أن الطبيب الانكليزي توماس ويلس Thomas Willis ومارتان ليستر Martin Lister درسا في الربع الأخير من القرن تشريح بعض اللافقريات .

التشريح الميكروسكوبي ـ لقد سهل استعمال الميكروسكوب الدراسات التشريحية التي بدت الحاجة اليها ملحة. كان الامر يقتضي في اغلب الاحيان بجرد لؤلؤة من الزجاج مؤطرة في شفرة معدنية تشكل عدسة قوية. وكانت الاشياء تضاء بنور مباشر وليس بنور شفافي. وكان ر. هوك R.Hooke (1635 — 1703) الذي استعمل ميكروسكوباً معقداً ، راصداً ممتازاً . وقد استعمل للإضاءة نور الشمس المخفف بورقة مزينة او لمبة زيتية مزودة بكرة من الزجاج مملوؤة بالماء وبعدسة تستخدم لتركيز النور. ودرس هوك العديد من اللافقريات رسمها فيها بعد على لوحات دقيقة محفورة وضمنها كتابه الميكروغرافيا (1665) : مضرب النحل او ابرته،ارجل واجنحة الذباب،اعين اليعسوب ولسان الحلزون والذبابة والعنكبوت والنملة والقرّاد وعث الكتب والاوراق والعقرب الكاذبة، والبقة والقملة، ودويدات الخل الخ ، وبعد 1625، نشر ستلوتي Stelluti وسيسيCesi « آبياريوم » حيث رسوم ممتازة لنحلات مراقبة من خلال الميكروسكوب مع شرح مفصل لتشريحها (الرأس والاقسام الفمومية، والقوائم، والابرة الخ) وهناك ميكروسكوبي ايطالي آخر، باتيستا اوديرنا Battista Odierna نشر سنة 1644 خطاباً مدعماً بالصور حول عين الذبابة .

ودرس ف. ريدي (1626 — 1697) F.Redi في « تجاربه حول نشوء الحشرات » (1668)، ورسم القمل على مختلف الحيوانات (الماعز والجمل والحمار والايل والدجاجة والوز، والطاووس، والسلحفاة) والقرادة الطفيلية على النمر، والحشرات (النمل والذباب)، والحشرات المتأتية عن جرب الحيوانات، وعقرب تونس وذبابة عنب البيلسان. وتولع الناس بالملاحظة الدقيقة والمفصلة . ونشر ريدي سنة1684كتاباً حول « الحيوانات الحية الموجودة في بطن الحيوانات الحية » ويعد كتابه هذا خير مشاركة مهمة في علم الحيوان. انه كتاب حق حول علم الطفيليات، حيث وصف اكثر من مئة نوع من الطفيليات (دود معوي، قراديات، حشرات) . وقدم تلميذان لردي : بونومو Bonomo وسيستوني Cestoni سنة 1687 اول وصف جيد مصور للقراديات الجربية (ساركوبت سكابي) Sarcoptes Scabiei.

ونشر الطبيب والعالم الطبيعي مارسلو مالبيجي (1628 — 1694) Marcello Malpighi سنة 1669، دراسات جيدة حول البومبيكس Bombyx . وربى دود القز، وشرحها وتتبع نموها وانسلاخها. وقد شاهد صنع الشرنقة، ودرس النفقة (العذراء من الفراشات) ووصف وشرح الفراشات البالغة،

وعرّف اعضاء التنفس، وتشعباتها، وحويصلات الهوائية، وفتحاتها او مسامها. ووجدها عند الصرصور، والخنطب، والجرادة، والنحلة، وتأكد ان هذه الانابيب المملوءة بالهواء تلعب عند الحشرات دور الرئتين.

ودرس القلب وقد رآه يخفق، والعضلات، والجهاز الهضمي. واكتشف انابيب منثنية على بعضها عدة مرات، ذات لون اصفر عشبي واصفر زعفراني، شاهدها تنشأ عند التقاء البطين (المعدة) والمعي. والكليتان في الحيوان هما اللتان سوف تعرفان في المستقبل باسم « انابيب مالبيجي ». ووصف المؤلف عند اليسروع (الدودة قبل تحولها الى فراشة) الغدد التي تنتج الحرير، وعند الراشدة والاجهزة التناسلية عند الجنسين. وعرض الاعضاء التي يصفها في عدة لوحات. انها الدراسة الاولى التشريحية الكاملة للافقري. وقد اكتشف فضلاً عن ذلك في سنة 1661 الاوعية الشعرية في رئتي ضفدع.

وكان انطوني فان ليونهوك Antony Van Leeuwenhoek (1632 – 1723) ملاحظاً بارعاً للحيوانات الميكروسكوبية، كما كان فضولياً وهاوياً. واليه يعزى اكتشاف الكرويات الحمراء في الدم، واكتشاف التحزيز العَرْضي في الخيوط العضلية. وكان اول من لاحظ دوران الدم في الاوعية الشعرية. وكان من اوائل الذين رأوا الحيوانات المنوية. واليه يعود الفضل في تشريح الميدية [بلح البحر = نوع من الصدف] واحيائية البرغوث. وتوصل الى دراسة هذه القشريات الصغيرة التي هي من الليات الملتصقة بالقواقع، وقد احسن تصويرها وخاصة ارجلها او ماسكها.

وعدا عن الاضاءة المباشرة استعمل ليونهوك Leeuwenhoek الفحص عبر الشفافية، الامر الذي اتاح له اكتشاف الدوديات (روتيفير) والنقاعيات. وتكلم بهذا الشأن عن مخلوقة مسطحة ذات شكل بيضاوي ولها ارجل دقيقة بشكل لا يصدق وتتحرك بسرعة عظيمة وهذه هي الرموش المتحركة في النقاعات (انفوزوار). واكتشف منها عدة اجناس بل ونجح في مشاهدة البكتيريا (كوكسي Coccis باسيل Bacilles فيبريون Vibrions) وذلك في حفش الاسنان .

وهذا المدقق العظيم درس البراغيث فعرف انها تتوالد بدوَنِ بيض 1695: فقد لاحظ ان الانثى لا تحتوي بيوضاً بل صغاراً كاملي التكوين. وقام بتجارب فعزل الاناث. ثم فوق غصن من الكاسي (العنبر)، مطهر من الطفيليات ومزروع في قنينة مملوءة بالماء وضع عليه اثنين: وخلال 24 ساعة وضعت البرغوتة الاولى 9 صغار والثانية 6 صغار. وكان من حظ المؤلف ان شهد عدة ولادات

« قال ليونهوك: « الشيء الاكثر غرابة، الذي بدا لي، هو اني لم اكتشف اياً من هذه الحييوينات، ذات الجسم الوسط دون أن أستطيع أن أستخرج منها صغاراً في طور التكوين . . . ولم يحدث لي على الاطلاق أن وقعت على أي حيوين يمكن أن يعتبر ذكراً » .

واثبتت ملاحظات جديدة هذا الغياب للذكر، فاستنتج في سنة 1700 يقول: « يجب ان نفترض ان البراغيث تمتاز بهذه الظاهرة التي لم تلاحظ بعد « انها تولد صغاراً دون مضاجعة مع الذكر » وكانت اول تحقيق حول توالد عذري (أي حمل بدون إخصاب او جماع).

بعد ان سبقت الاشارة الى ان كريستيان هويجن Christiaan Huygens قام منذ 1678 بدراسات مفيدة ميكروسكوبية على البروتوزوير (حيوانات احادية الخلية)، والروتيفير (الدوديات) والنيماتود (السلكيات)، يتوجب ان نفرد مكاناً على حدة لجان سوامردام Jan Swammerdam (1637 – 1680). هذا الطبيب لم يمارس عمله، وانصرف الى دراسة تشريح اللافقريات. كانت صحته متدهورة : وكان فاقد التوازن تقريباً امام عرافة متصوفة انطوانيت بورينيون Antoinette Bourignon فمات في الفقر وعمره 43 سنة .

ولكن هذا لم يمنعه من انجاز عمل ضخم، نشر معظمه بعد وفاته. فعدا عن دراسة معمقة للحشرات. ظن انه يستطيع انكار تحوّلاتها (ميتامورفوز)، شرّح العديد من الحيوانات وكتب عن تشريحها قارناً وصفه بلوحات فخمة. وعرّف بتكوين الحشرات (النحلة،الدبور، اليعسوب، النملة، الجرادة، سراج الليل، والجعل والسفانكس (الصَمّل) وفراشات النهار والليل والذباب والذباب اليومي الزائل الخ) والصدفيات (الباغور (قشرية مقرنة الذنب) والدفني (= برغوت الماء)، والعديد من الرخويات (اللية ، الحلزون: توربو، فولوتا فينوس) وبتكوين العقرب والضفدع وصغيرها (تيتار = خرشوف) .

وبفضل تشريحه لـ غاسيتروبود Gastéropode (رخوية معدية الارجل) ذات الرئة من الماء الحلوة اكتشف وعرض صغار هذا النوع التوالدي. ولاحظ في هذا الحيوان وجود (دويدات) هي سبوروسيت الدودة العريضة المثقبة (ترماتود) . وشاهدها تخرج من جوفها اليرقات او المذنبات التي اخذت تسبح بسرعة بفضل تموج ذيولها

ويمكننا ان نذكر ايضاً الرسام الملون جان غودار (1620 – 1668) Jean Goedaert الذي عرض، بدون ترتيب، في كتابه (1662) كل ما درسه . وقد كان موهوباً للتصوير اكثر من الملاحظة ، واكتفى بان اطلق على اليرقة وعلى الفراشة وعلى الذبابة اسماء غريبة، وشاهد يرقة جسمها مملوء بالدويدات خرج منها الذباب. ولكنه لم يفهم منشأ هذه العملية الطفيلية. وهكذا، وبخلال عدة سنوات استطاع مالبيجي Malpighi وليونهوك Leeunwenhoek وسوامردام Swammerdam ان يؤسسوا تشريح اللافقريات، وهو اساس ضروري لكل تصنيف لاحق .

الفصل الثاني :

علم وظائف الاعضاء الحيوانية

تمثل الفيزيولوجيا في القرن السابع عشر آخر محطة واقواها للارسطية. واذا كان غاليلي قد انهى فيزياء البيولوجيين. فقد كان لا بد من مرور قرن حتى تتشكل بيولوجيا او علم احياء عند الفيزيائيين.

فالجسم البشري الذي تسكنه الروح يبدو بمنأى عن التمثيل الميكانيكي: لقد كرس استثناء بواسطة العديد من الحجج. مثلاً لا تشكل العناصر التي تؤلفه مزيجاً بسيطاً بل تركيباً حقيقياً، الامر الذي يمنع اجراء التجارب او التحاليل عليه. لقد اشارت فيزيولوجيا فرنل 1554، وهي في سياق ارسطو، اشارت الى الفرق بين جمع الاجزاء (اسفنجة مشربة بالماء، حجارة وبودرة مطحونة او مسحوقة) وبين اتحادها.

« إن المقطع ليس حروفه التي يتألف منها : ان « با » ليست تماماً «ب» ثم «ا»، ولا اللحم يساوي النار والتراب . إذ بعد افتراق العناصر ، ينعدم وجود اللحم والمقطع ، في حين تبقى الأحرف موجودة وكذلك النار والتربة . فالمقطع إذن هو شيء آخر غير الحروف ، الصوتية والمد . ان المقطع هو شيء آخر . . » (أرسطو ، الميتافيزياء Z ، 17 ترجمة ج. تريكو J. Tricot ص 308) .

ان فكرة المزاج تنطلق من هنا : انها لا تعني تلاقي الطبائع بل توازنها المنسجم.

ويحتفظ القرن 16 ببعض مبادىء ارسطو وغاليان. ان الحي يعتبر، كشكل محصور في مادة يحملها.

وعلى كل ان هذه القوة الشاملة المنتشرة في الكل الذي يتحرك بها، تنحرف بحسب درجة التوحيد والاندماج الناجحة : ويميز بهذا الشكل النباتات والحيوانات والبشر . وتقتصر النباتات على وظائف النمو والتغذية والتكاثر ، وظائف تضيف اليها الحيوانية الاحساس والحركة ويضيف اليها الانسان أخيراً الفكر وعواقبه .

ولكن القرن 17، يهاجم هذه الفيزيولوجيا اللامادية الغائية والتراتبية .

هذا الصراع الذي لا هوادة فيه ولّد التشريح الحديث ـ الاكثر بعداً عن المخادعة من علم الفلك ـ ويصف الحقيقة اقل مما يعرضها، ويسحبها من القدرات التي تعتم عليها، وبصورة خاصة يحاول ان يستمدّ تفسير عملها من مجرد ترتيب او تصوير الاجزاء. وباختصار اكملت المدرسة الايطالية، مدرسة بادو Padoue، وخلفاء فيزال Vésale وفالوب Fallope وكولومبو Colombo ودوستاتش d'Eustache غاليليه الذي علم في مدينتهم منذ 1592 .

النقاش حول القدرات الإنباتية : التمثل والهضم ـ هل لأن الفيزيولوجيا الإنباتية قد صنفت في أسفل درجات السلم ولأنها المثقلة أكثر من غيرها بالمادية ، كانت الأكثر تطوراً في القرن 17 ؟ وإذا كانت الوظيفة الغذائية ، والهضم ، لم يتوضحا إلا في القرن 18 ، إلا أن القرن 17 عرف كيف يتساءل حولها . هذه العملية ، عملية التعصير (تحويل الطعام الى عصارة) فيها ما يعجب ويأسر :

يقول كورو دي لاشامبر Cureau de la Chambre : « انه لشيء مدهش ان تتحول لحوم سوداء او حمراء او خضراء الى البياض بمثل هذه السهولة، وان تصبح الاشياء المرة او الحادة او المالحة لطيفة بهذه السرعة، وان الاشياء القاسية والكثيفة تتحول سوائل ولطائف ، وان تتحول اللطائف الى كثافات » (نظرات اخرى حول الهضم، 1636، ص 31)[1].

يومئذ ثبت ان هذا التحول لا يتم بفعل طهو بسيط : ان الحيوانات الباردة تهضم. كما ان الحيوانات (الكواسر والطيور والحيات) ترسل ومضات غير مباشرة: لان بعضها يلتهم بدون علك، وقد استبعد التفسير الميكانيكي للهرس. وقد جرى البحث عن نموذج تفسيري : فلم يعد يمكن الركون الى الصورة المألوفة حول الطبخ ولا الى الرسيمة الفيزيائية للتحريك او الخض. ورد فان هلمونت Van Helmont في كتابه « حول الهضم » التمثل الى سلسلة من العمليات التخميرية ، بل انه ذهب الى ابعد : ففصل بقوة الاشياء المعدوية (الاسيد) عن الاشياء الامعائية (القلوية)، وحلل العصارة المعدوية وفرض بصورة خاصة، في هذا المجال، حلاً بيولوجياً كيميائياً :

« ان « المدارس » وقد ضللتها الحرارة الملموسة في الحيوانات، كما ضللتها استعارتها العادية، تشبه الهضم بالطنجرة التي تغلي، وتظن ان الحرارة هي السبب الطبيعي والفعال في الهضم وفي كل العمليات من ذات الطبيعة. . . الا ان اعتبار اللحوم (رغم طهوها) لا تنقلب تماماً الى عصارة حليبية

(1) ان هذا المؤلف لكورو دي لاشامبر Cureau de la chambre، لم يشتهر بافكاره الغريبة بقدر ما اشتهر بمقدمته العنيفة : انه ينادي بان الوقت قد حان لترك اللاتينية كلغة للعلم : انها لغة صالحة لكتابة الاساطير او كتابة التاريخ الماضي، انها اعجز من ان تستخدم لاستنطاق الطبيعة، الموجودة الحاضرة. . » (راجع فضلاً عن ذلك، ف. برونو : تاريخ اللغة الفرنسية مجلد III، قسم 2 (1600 – 1660)، ص 715).

ولكن الخيوط تبقى دائماً كما هي، مَرْقٌ مركز، فمهما برع دعاة هذه المدارس في تفسير ذلك، فان الواقع يحملهم على التردد في ارائهم. . ».

وهكذا تحللت الفيزيولوجيا الهضمية عن بعض رواياتها، وان هي لم تحلَّ المشكلة حقاً، فقد عرفت، في القرن 17 كيف تجددها. ولم يعد امام ريو مور Réaumur وسبالانزاني Spallanzani الا ان يكملوا الحركة التي اطلقها فان هلمونت Van Helmont، الذي يعتبر رائد البيوكيمياء (علم الاحياء الكيميائي).

مسألة أخرى حول الانباتي: التوالد العضوي والانجاب ـ ولكن النقاش تناول بشكل خاص اهم الوظائف النباتية = التوالد والتناسل او الانجاب. وبقدر ما هي إنباتية، حتى في أواخر القرن (مع كامرياروس) Camerarius أقِرَّ بالجنس ايضاً للنباتات. فالارسطية، بعد مراجعة غاليان لها وتحسينها، زادت في اهمية هذه المسألة بمقدار ما عجزت الميكانيسما الطبية عن إستنباط تكوين الكائن الحي وتكونه التدريجي من قوانين المادة فقط ومن الحركة. هذا الفشل الذي اصاب التخلق التعاقبي (épigénèses) زود البيولوجيا بالقدرات. ولم تخل البيولوجيا من القوة فهي تعرف حاجة الانجاب الى شخصين من جنس مختلف. واذا كان البذار الذكري يوصل الحياة، فانه لا يستطيع تحقيقها مادياً، بل تفعيلها، دون أن يدخل من الرحم: وبالتالي فإنه ينقل تأثيراً أو قوة تكوينية. أما الأنثى من جهتها فتقدم الأرض أو المادة الضرورية لنمو النطفة.

وكتاب هارفي Harvey « اكزرسيتاسيوني دي جنراسيوني انيماليوم « Exercitations de generatione animalium (1651) جاء ليؤكد الحل الارسطي. تتبع هارفي Harvey بدقة النمو النطفوي عند الفرخ، وشرح الظباء وأناث الايل التي سمح له الملك شارل الاول بتشريحها: وبعد ملاحظاته الغى الفرق بين البيّاضات والولادات. ومن هنا سارت الكلمة Ex ovo omnia. لا شك انه خلط بين البيضة والنطفة في الايام الاولى يومئذ وربط ايضاً بين الحيوانات التي تبيض قبل الاخصاب والثدييات التي تعكس الاحايين وتبيض بعد الاخصاب. وتذكر دائماً حالة السمك الذكر الذي يرش ويخصب من الخارج البيوض، لان البذار لا يفعل الا بفعل الفوح او الرائحة.

وبصورة تدريجية توضحت عملية « البيض » (Ovisme) في كتاب « موسكولوس. . . « De Musculis لستينون (1664)، وفي برودروموس (1668) لفان هورن، والانثروبوجينيا لكركونغ (1671) وخاصة كتاب « موليوروم» (1672) Mulierum لرنيه دي غراف Regnier de Graaf ويستخلص منها ان المبيض، الذي خلف الرحم، هو الذي ينزل البيض، وعن طريق القنوات تصل البيوض الى الرحم. وهكذا اخذ تشريح وفيزيولوجية البَيْض تخرج من ابهامها الاول. وهناك تجربة من بين تجارب اثبتت وجود انتقال « للبذار الانثوي »: ان ربط الانابيب يوقف كل امكانية اخصاب.

ولكن ليونهوك Leeuwenhoek سنة 1677 ارسل إلى الجمعية الملكية رسالة يصف فيها الحيوينات المنوية، المتحركة بدورها. واكد العالم الميكروسكوبي هارتسوكر Hartsoeker، في مراسلاته

مع هويجن(1678) Huygens على وجودها (انها ليست خيوطاً مبهمة، تحركها الحرارة) وعلى صفاتها .

مثل هذا الاكتشاف يعارض النظرية البيضية التي ترى ان النطفة قائمة في البيضة. اما الحيوين المنوي، فبالعكس، انه هو الكائن الحي بحق، واذن فهو حامل النطفة. وتحت ضغط الوقائع. كان لا بد من الاتجاه نحو نظرية « البويضة الدودة » اي الاعتراف بدور ضروري للسائلين ولكن العائق الرئيسي ضد المزج والتركيب بينهما يقع ابعد من ذلك.

هناك مسألة اكثر اهمية، تأتي على هامش السابقة، وتسيطر على فيزيولوجيا القرن 17 : انها مسألة الخلق والتكوين اكثر مما هي مسألة انماط او ظروف التكوين: او ان هناك اوالية (ميكانيسم) دقيقة تحاول عبثاً ان تبني الكائن الحي بحسب قوانين المادة فقط او هناك، ونظراً لاستحالة مشاهدة هذا الصنع، لا بد من القول « بسبق وجود » كائن حي في « البذار »، يجب افتراضه، لاننا لا نستطيع تكوينه. وفي هذه الفرضية تطرح مسألة ثانوية نفسها لمعرفة اي من الاثنين البويضة او الحييوين يحتوي النطفة.

وحتى اذا بدا وجود الاثنين ضرورياً، فان نظرية الابيجنتيك épigénétique (القول بان الجنين يتكون بسلسلة من التشكلات المتعاقبة)، كما نظرية التراكب او الولوج، تصطدم بمسألة الاورغانوجنيز Organogenèse (نظرية سبق تولد الاعضاء وتكونها في الجنين بل والنطفة) : كيف يولد وكيف يتحقق وجود الكائن الحي ؟ تجميع عفوي عارض للاجزاء او مجرد امتداد جوهر ؟ لقد عجز الفيزيائيون الجدد، والقائلون« بسبق التكوين »، من جهتهم، استبعدوا المشكلة دون ان يحلوها. وفي آخر القرن 17، سوف تداهمهم جميعاً الاعتراضات. ولكن الفكر لم يستطع الا التأرجح بين العودة الى المادة العارية او اللجوء الى إله واحد خالق. ان العلوم المتعلقة بالنمو وبالتنظيم لا يمكن ان تنشأ في القرن 17. فازدهارها يفترض مقدمات عديدة تطرح بالضبط على بساط البحث، وبآن واحد، إله المتألهين وكون الميكانيكيين، الذين يكمل بعضهم بعضاً أكثر مما يتعارضون رغم المظاهر.

اكتشاف الدورات الثلاث ـ ولكن الفيزيولوجيا المتقاعسة والغاطسة في مشاكل القرن 17، سرعان ما ستتحرر: فبشأن الدورة الدموية، وهي حركة تقع ظاهرياً، في نظر المؤلفين عند حدود الإنباتي الاحساسي الدقيق، وفوق الغذائي، انما متخلفة عن القدرة المحركة (تكون الافكار، حركة القلب والشرايين، التنفس). هذا الاكتشاف اوضح مجملاً مخالفاً للمألوف الاعراب عنه لم يتم الا على مراحل ومزقاً مزقاً. وكان ان ادرك هارفي Harvey وحده المجمل (1628)

والحق يقال، ان العدد ليس دورة واحدة بل ثلاث دورات. الاولى، الصغرى، تتعلق بمرور الدم الذاهب من البطين الايمن من القلب، الى الرئتين، ثم منهما يعود الى البطين الايسر، وكانت هذه الدورة قد وصفت من قبل ميشال سرفت Michel Servet سنة 1553 في كتابه « كريستيانيسمي رستيتيسيو » Christienismi Restitutio ثم اخذها عنه فيزال Vésale 1555 وكولومبو Colombo

1559[1]. ولكن التساؤل لماذا وصفت هذه النظرية في كتاب لاهوتي ؟ اجاب على هذا السؤال فيزيولوجي شهير بما يلي :

« ورد في الكتابات المقدسة ان الروح هي في الدم، بل ان الروح هي الدم بالذات. ويقول سرفت : لكي نعرف كيف تتكون الروح، يجب ان نعرف كيف يتكون الدم، ولمعرفة كيفية تكونه يجب ان نعرف كيف يتحرك. . . من هذا الدم بالذات، الذي تتشكل منه الروح تتكون النفوس او العقول. ان النفس الحياتية تتكون من مزج الهواء، المأخوذ بالشهيق، بالدم الذي يرسله البطين الايمن الى البطين الايسر، مزج يتم في الرئتين، إذ يجب ان لا نعتقد كما يقال عادة ان الدم يمر من بطين الى آخر بواسطة ممرات بينهما. انه لا يمر من بطين الى بطين الا بعد اجتياز الرئتين ». (حول اكتشاف الدورة الدموية، جريدة العلماء، نيسان 1854 ص 194) .

ولكن الثانية، الدورة الكبرى، تكمل الاولى: في سنة 1593 لاحظ العالم النباتي سيزالبينو Cesalpino (كستيوني بريباتيتيكا) (Quaestiones Peripateticae) انا اذا ربطنا اوردة الذراع، فان تدفق الدم يتجمع لا فوق الرباط بل تحته. يدل ذلك على ان الاوردة تأخذ الدم الى القلب وليس العكس.

وعقب 1574، وصف فابريسيو داكوابندنتي Fabricio d'Acquapendente بدقة صمامات داخل بعض الاوردة. وهذه الصمامات تساعد على صعود او عودة الدم. ولكن اذا كان فابريسيو Fabricio وسيزالبينو Cesalpino أول من وضعا الأسس الأولى للفيزيولوجيا المتعلقة بدورة الدم، فان هارفي Harvey هو الذي جمع العناصر المتناثرة، واستخرج بوضوح الوظيفة.

وكتابه لسنة 1628 « اكزرسيتاسيون. . . Exercitations » يلفت النظر بقوة المجموع الاستثنائية اكثر مما يلفت بتنوع الحجج المستعملة (التشريح المقارن، الحسابات الدقيقة، الدعامات الجنينية) .

وهكذا « كلما كانت الشرايين اقرب الى القلب كلما زادت اختلافاً عن تركيب الاوردة وكلما كانت اقوى واشد تماسكاً . ولكنها في تشعيباتها الاخيرة، كما في اليد والقدم والدماغ وأغشية الامعاء والخصيات، ذات بنية متشابهة حتى يصعب تمييز بعضها عن بعض بمجرد فحص اغشيتها. . وكلما كانت الشرايين ابعد عن القلب كلما قلّ اهتزازها بالنبضة التي تتوزع على مجموع واسع » (ترجمة ش ريشه Ch. Richet 1879، ص 174) .

اليس هذا استباقاً لمالبيجي Malpighi، سيد الوصف الدقيق والذي سرعان ما سوف يكشف

(1) ان منشأ هذه النظرية قد سبق وذكر من قبل ر. آرنالديز R. Arnaldez (مجلد 1 ، القسم الثالث ، الفصل 2) ومن قبل م. د. غرميك M.D. Grmek (المجلد 2 ، القسم الأول ، الكتاب 2 ، الفصل 3) .

عن الشبكة الشعرية الشريانية الوزيدية (1661) ؟ لقد ارتكزت الفيزيولوجيا الهارفية بشكل خاص على التشريح المقارن وبشكل منهجي :

« ان خطأ التشريحيين المتكاثر، انهم ارادوا الكلام عن أعضاء الحيوانات والتعرف اليها، قاصرين درسهم على الانسان، وحتى على الجثة البشرية، متصرفين مثل اولئك الذين يريدون معرفة السياسة من دستور بلد واحد . . . عند الاسماك التي ليس لها الا بطين واحد (لأن ليس لها رئة)، تبدو علاقة القلب بالاوردة سهلة الرؤية » (ص 91) .

او حتى : « الا ترى، في البيض الذي تحضنه دجاجة وفي الاجنة المنتزعة من رحم بعض الحيوانات، القلب يتحرك كما عند الراشدين؟ » (ص 95).

من دفة الى دفة يثير كتاب « دي موتو » De Motu الدهشة بفعل حسه العملي الحاد، وبجرأة فرضياته، وبمنطقه الدقيق : معه ولاول مرة، تحررت حركة بيولوجية حقيقية، مرئية في مجملها، محللة حتى في اواخر نتائجها : « ولهذا السبب تفعل الادوية الملصقة من الخارج كما لو كانت تبتلع . . ان الأوردة تمتص من مسامها المواد المطبقة على الجلد وتدخلها في الدم . » (ص154) .

ذكرنا ثلاث دورات دموية : الثالثة، مستقلة ومختلفة عن الاوليين، وهي ترتدي، من جراء هذا اهمية لا تنكر. ولم تمرّ بدون نقاش رغم انها ليست اقل ثورية من السابقتين. من ذلك ان ج. آسلي G.Aselli وهو مشرح من بافي قام سنة 1622، وبقصد التثبت من دور الاعصاب وتأثيرها وكذلك من تكوينها، بشق الغشاء الحاجز، ولكنه قلّما استلفتته حركات الصدر بل الاوعية البيضاء كلّياً .

وربط هذا الوجود بالواقعة ان الكلب قد أخذ للتو طعامه : في الحيوان الصائم، لا يمكن ان نشاهد هنا هذا النوع الرابع من الاوعية Mesaraique (بعد الاعصاب، الشرايين والاوردة) . لقد سبق لـ استاشي Eustacchi سنة 1553 أن وصف مسافة الوريد الصدري . ولكن جان بيكت Jean Pecquet (في الدورة الدموية. 1651، وفي الصدر. . . 1651) رسم خارطة هذه الشبكة الجديدة اللمفاوية والغددية (العقدية). ان عروق الكيلوس [المادة الغذائية التي يتحول اليها الطعام بعد الهضم] تتصل في خزان (يسمى خزان بيكت) Pecquet ثم عبر قناة استاش Eustache، تنضم الى الاوردة تحت الترقوة [عظم اعلى الصدر]. نتيجة عظيمة، احدثت الكثير من الانقلابات ومنها « الدورة الكبرى » : ان الكيلوس Chyle (اي بعض الاطعمة المهضومة) لا يمر عبر الكبد، المقالة من مكانها المركزي، ان الغذاء قد يذهب مباشرة الى الدم عن طريق الأوعية اللمفاوية، واخيراً عمم الدانمركي توماس بارتولين Thomas Bartholin (الاوردة اللمفاوية 1653) النظام : في الكبد بالذات، اكتشف اوعية غير مملوءة بالكيلوس Chyle الابيض الهضمي، بل لمفاً شفافاً، مرئياً على كل حيوان صائم، وبصورة خاصة، الاربطة، واثبت دورة هذا السائل : ضربة جديدة، نوعاً ما، صوبت للغدة الكبدية ولسيادتها الفيزيولوجية .

الفيزيولوجيا الحسية المحركة ـ الحيوان الآلة ـ تتميز الحياة الحيوانية بالحسية وبالحركية

وتشكل الفصل الاعلى في الفيزيولوجيا. ومنذ زمن بعيد، كان غاليان قد عبّد الطريق، وفصل الاعصاب الحسية (الطرية) والاعصاب (القاسية) وانزل القلب الارسطي عن عرشه، وكشف اهمية الدماغ، وركز في المخيخ اصل هذه « النسمة » Pneuma التي تسري في الاعصاب، وتضخم العضلات وتتحكم بالحركات.

في القرن السابع عشر ضخم ديكارت هذا الاسلوب في الرؤية : ان الارواح الحيوانية ، التي ليس لها من الروح الا الاسم ، والتي هي دوماً تعمل ودوماً في غليان ، لانها تتولد من حرارة القلب، وتتفرع من الدم الحار، تفسر الحركات الاوتوماتيكية المعقدة، التي تنفذها الحيوانات. والحوافز الحسية التي شبهها ديكارت باصابع لاعب الارغن على المفاتيح، تشغل بصورة غير مباشرة مجرى الافكار. وأصبحت الغدةالصنوبرية المركز الذي اليه تصل الأوامر الآتية وعنه تصدر الأجوبة، وحيث أيضاً يمكن ان تتحول الافكار، عند اللزوم، الى حركات. اننا الى حد ما، وبشكل صريح امام نوع من « المنظم ذي الكرات » المكيف بصورة خاصة. وبحسب الوسط، فان تغييراته، والضغوطات المتنوعة فيه، تغلق ابواب الدخول او تتدافع. آلة ذات تسيير ذاتي كامل وغائي هادف لانه ينتظم ويتجاوب مع مقتضيات الوسط .

ولكن الفيزيولوجيا العصبية Neurophysiologie في القرن 17 عاشت بصورة رئيسية على معارضتها، المُقنعة الى حد ما، لهذا المفهوم، لهذا النظام الذي عاضده واغناه الكثير من الفيزيائيين :

1 ـ من ذلك ان البعض حاولوا ابدال « الرسيمة الحرارية » باخرى كيميائية، اكثر تجانساً مع الظاهرات العصبية في حالات الاهتياج، والرجفة والاضطراب او الاختلاج. ان التقلص العضلي يحصل تصوره عندئذ وفقاً لتفجر داخلي، خاصة اذا كانت الشبكات العصبية (الحسية والمحركة) لا يعود باستطاعتها ان تشكل انابيب واربطة ، ولا العضلات ان تكون خزانات. وجدد تيوفيل ويليس Th. Willis ، كما بيّن ج. غانغيلهم G.Ganguilhem : في كتابه « في المحرك العضلي 1670 «عرض ويليس تفسيراً قوياً غير ديكارتي للتقلص ، وفوق ذلك ايضاً ، أبرز ويليس، وهو الاول في هذا، حقيقة الانعكاس، وفرز من هذا الواقع نمطين من الاجوبة : « الحركة العفوية او الارادية ، المحكومة بالنفس الدماغية، والحركات الطبيعية او غير الارادية المحكومة بالنفس المخيخية »[1]. واذا كان جوهر النيرولوجيا « علم الخلايا العصبية » يكمن في تحليل الاعمال المنفذة، بدون جدل ولا نزاع، فان ويليس Willis، افتتح واسس حقلاً جديداً للتجريب. وقامت مقاومات واعتراضات، من ذلك ان ريجيس Régis الديكارتي :

« لا يمكن تصور كيف ان تخمراً يبدأ ويتوقف حالما يكون من الضروري ان يبدأ ويتوقف من اجل تحريك اصابع ضارب الارغن او لاعب اللوث (القصب) وبالسرعة التي يحرك بها هذه الاصابع »

(1) ج. غانغلهيم ، «La formation du concept de réflexe au XVIIe siècles» ، باريس ، 1955 ، ص 72 .

(نظام الفلسفة ، مجلد II، 1690، ص 538)

2 ـ والنصف الثاني من القرن 17 سوف يكون مفتوحاً امام مسألة معرفة هل السلوك الحيواني يمكن ان يرد الى نوع من الآلية الاوتوماتية ام انه يجب الاعتراف للحيوانات بنوع من النفس. وهي مسألة سيكولوجية فيزيولوجية واسعة، جرى بحثها كثيراً ، وفيها تصادم التيولوجيون والميتافيزيكيون والاطباء ورجال الادب (لافونتين خطاب الى مدام دي لاسابلير De la Sablière حول نفوس الحيوانات): ان الديكارتية بتفسيراتها الميكانيكية رأت ان من واجبها التراجع. وضمن ملاحظات شديدة التنوع، وحجج قليلة تتفاوت بقوتها قام اليسوعي بارديز Pardies (خطاب حول معرفة الحيوانات 1672)، والاوراتوري [عضو جمعية كنسية] ج. ب. دو هاميل J.B. DE Hamel (محرك الجسد 1673) ، والطبيب لامي Lamy (خطاب في الاناتوميا 1675) ، وخاصة ويليس Willis (آنيما بروتورم 1672) ينازعون المكننة ويدعون الى حركة طبيعية وحتى الى نوع من الاحيائية. وتدل بعض عناوين فصول كتاب ويليس Willis على طرحه :

الفصل 2 ـ Animan brute esse corpoream et ingeam

الفصل 4 ـ ..De Scienta sive Cogilabone brutorum

الفصل 7 ـ ..Anima corporea sive Brulorum

الا ان كوردموا Cordemoy (تمييز الجسد والنفس ضمن ثلاثة خطابات 1666)، وروهلت Rohault (محادثات حول الفلسفة 1671) أو ديلّي Dilly (في نفس الحيوانات ، 1676) قاوموا هذه النظرية « الجسم الحي Anima Corporea » ولم يريدوا ان يروا في الاجسام الا مجموعات « مائية هوائية » .

« اني ارى مثلاً اننا نملأ كل يوم ساعة دقاقة ولا ارى اننا نعبىء آلة كلب. فقلت له : كل الالات لا تعبأ بنفس الشكل، وليست كلها ذات عوائق او اثقال، كمبادىء لحركاتها. ان ساعة الجيب ذات زنبرك ، لها آلة لادارتها. وبعض مدورات السفود، لها دخان المدخنة يديرها. اما الطواحين فلها الماء والهواء . واما ميزان الحرارة فمحركه الحرارة او البرودة في الهواء وميزان الطقس والارتفاعات تحركه الجاذبية الارضية . وميزان الرطوبة تحركه درجات الرطوبة والحيوانات تحركها اطعمتها، بحيث يمكن القول ان ألاتها تعبأ كلها اعطيت لتأكل او تشرب » (روهولت Rohault، محادثات، صفحة 153). لا شك ان روائع البنائين يومئذٍ ساعدت على مقارنة الجسم بالالة « جسم آلة .

« ان التمثال الحديدي الذي استطاع سجين في الزمن القديم، بمهارته ان يوصله بعد عدة الاعيب الى قصر ملك مراكش، لكي يقدم له راكعاً استرحامه ، وبعده عاد هذا التمثال الى سجنه، هذا ايضاً امر ملحوظ، وكذلك رأس الآجر الذي صنعه البير الكبير Albert le Grand الذي تلفظ ببعض الكلمات .

والهدف الذي حدده لنفسه م. ريزيليوس M.Reiselius ، منذ عدة سنوات، كما اشرنا نحن الى

ذلك في غير هذا المكان، وبعد ان توصل الى تنفيذه . . . هو ايضاً اكثر اثارة للاعجاب . انها ليست حركة خارجية لا عابئة، وتقتصر فقط على بعض اجزاء الجسم والذي اجبر الالة على تنفيذه، مثل كل الاخرين - انها عملية شاملة ومشتركة في كل عادات الجسم، واساسية بالنسبة الى حياة الانسان : انها دورة الدم والارواح »(جريدة العلماء، صفحة 501، نهار الاثنين 22 نوفمبر (تشرين الثاني) 1683) .

3 - وهناك مسألة اخرى : ان الامتياز الممنوح للغدة الصنوبرية هل هو في غير محله ؟ على هذا سحب المهندس الشهير والعالم التشريحي والحيواني ايضاً، كلود بيرولت Claude Perrault، سحب قطعاً قطعاً ، من حيوانات مختلفة، نصف طاسة الدماغ، وتوصل، ضمن هذه الشروط الى اكتشاف وظائف اولية للمخيخ (الذي كان مرشحاً لسيادة طويلة) وكذلك للنخاع الطويل (دودة الظهر) . وهكذا زعزع احد دعائم البناء الميكانيكي عند الديكارتيين (وكذلك فعل بذات الوقت كيميائيو التخمير وعلماء البسيكوفيزيولوجيا بالنسبة الى السلوك الحيواني) .

التمييز بين الحياة والفكر في الحياة . - واخيراً، وعلى ثلاثة مستويات (انباتي ،دوران الدم، وتحريكي) لمعت فيزيولوجيا القرن السابع عشر بنتائجها اكثر مما لمعت بالتجربة الجريئة والمنهجية التي حركتها

ونذكر اولاً ان الفيزيولوجيا لم تنتظر القرن السابع عشر لكي تتطور : لقد ركز اسسها غاليان Galien وعرف اساس مناهجها. اما العملية الطبية التي تميز بها هذا العصر، فان كانت مدينه الى غاليلي بازدهارها (حتى ان المدرسة الايطالية الشهيرة، مدرسة بوريلي Borclli وبليني Bellini وباغليفي Baglivi ، استطاعت تطبيق قوانين الهيدروليك على الحركات وعلى الوظائف العضوية)، ان هذه العملية الطبية قد استمرت بحركة كانت سابقة وموجودة مستلهمة من الفيثاغورية . وعاد سانتوريو Santorio الى مبادىء نقولا دي كوي Nicolas de Cues (دي ستاتيميس اكسبريمانتيس، 1450) وكان الأول من بين كثيرين الذي لجأ الى آلات القياس : في هذا الامتداد، وضمن هذا الخط، اخترع سانتوريو Santorio سفيغموماتر Sphygmomètre، واستخدم ميزان الحرارة، واوجد ايضاً الستاتيكا الطبي (1614) ، الذي بواسطة مقعد مربوط بميزان، يمكن من وزن ما يبلعه الانسان، وما يفقده او يخرجه من عرق وابخرة. ولكن الشجرة يجب ان لا تخفي الغابة، وبهذا المعنى، ومنذ القرون الوسطى ، ولعدة اسباب سرت الدعوة الى تقليص البيولوجيا وقصرها على الميكانيك الخالص، كما دعا البعض الى تشبيه الظاهرات النوعية في الحياة بالكميات (مجال الاشكال) : منذ كتاب كانتيتاباس. . . Quantitatibus لريكار Ricart، حتى العديد من « العدادين » في القرن الخامس عشر والسادس عشر من ليونارد دا فينشي ، حتى مارلياني Marliani .

وبالاختصار لا محاولة تصنيف الكائن الحي تحت عنوان الفيزياء ، ولا وصف الاجسام الحية، ينتميان الى القرن السابع عشر بخاصة . وبالمقابل ان هذا القرن يتميز بجرأة في النهج والطريقة لا مثيل

لها : انها محاولة المكننة الى اقصى حد بعد ان بررتها الميتافيزيا. انه تأويل مُسرف ولكنه خصب لأنه طرد الارواح او القدرات التي لا تدرك ، شجع علم التشريح الهيكلي كما شجع اكثر، بعد تشبيه الحيوان بالجهاز (الساعة الشهيرة او الارغن) كما دعا الى فهمها فهماً كاملاً . فضلاً عن ذلك لم يجهل ديكارت الاتحاد الجوهري بين الجسد والروح ، ولكن هذه الحياة المعاشة ليس لها اية علاقة ، في مجملها ، بنظرية الحياة . ان الوجود وجوهر الوجود منفصلان تماماً لان الثاني يستطيع ان يتمدد بحرية دون ان يتأثر او يعاق باصطناع الأول . وحرر ديكارت فضاءً مفهومياً خالصاً ، كما حرره من المفهومية المحدودة بالمكان .

وهذه البيولوجيا التي لا تستند على الشعور او تجربة الحياة سوف تُحسن من جميع الجهات : من قبل الفيزيائيين الذين لم يفصلوا تحليل الاجسام وتفحص الاحياء (من كلود بيرولت Cl. Perrault الى هويجن Huygens ومن ماريوت Mariotte الى روبر بويل Robert Boyle)، وبواسطة الالات الجديدة، الات العلم التجريدي، وخاصة الميكروسكوب، وبعوامل اعم ايضاً مثل الآلية التي تنشر وتذيع، والعديد من الجمعيات العلمية التي تكونت، مثل الاكاديميات او حتى الصحف التي نشرت العقيدة الجديدة. وهكذا خدمت المكننة المنهجية غير المحدودة، البيولوجيا : أخرجتها من محورها التجريبي واثارت فيها فيها بعد حساً نقدياً وضعياً سوف يعطلها. انها عاصفة جدلية من الاستخدام والرفض .

ولكي نختصر ايضاً ، ان لم نبسط، يبدو ان الفيزيولوجيا بخلال القرن السابع عشر، كانت سائرة وتركت ارضها التي نشأت فيها : لقد ولدت في ايطاليا، ونمت بصورة رئيسية في القرن السادس عشر حيث ولد التشريح والبيولوجيا التي نتجت عنه. وصعدت الفيزيولوجيا بصورة تدريجية نحو هولندا حيث جددها الميكروسكوب واعطاها وضوحاً (سوامردام Swammerdam وليونهوك Leeuwenhoek). وسرعان ما وجدت في فرنسا ارضها وبهاءها. ولكن التجريبيين الانكليز ـ روبر هوك Robert Hooke (ميكروغرافيا ، 1665) وروبر بويل Robert Boyle(نوفا اكسبريمنتا، 1671 ، ومديسينا ايدروستاتيكا 1693) وويليس Willis ، بانتظار نيوتن نفسه ـ حولوها ونقلوها من الكيمياء التخميرية إلى كيمياء القوة والطاقة .

وغيرت الفيزيولوجيا سواحلها. وانتقلت بصورة غير محسوسة من الجنوب الى الشمال، من عالم المتوسط حيث تكونت وتصورت الى انكلترا حيث بدأت من جديد.

الفصل الثالث :
الطب

لم يبد القرن السابع عشر، لاول وهلة، ربما، كعصر باهر اذا قورن بالقرن الماضي الذي تخلى عن الطب القديم واتجه نحو طب الملاحظة الدقيقة ، التي هي المصدر الوحيد الممكن للاكتشافات الجديدة. الا ان هذا ليس الا مظهراً لان كل اساليب العمل المستحدثة في عصر النهضة كانت ما تزال تستعمل بعده، الا ان البذور الغنية التي انتشرت قد استخدمت واخذت تعطي ثمارها. واذا كان القرن السادس عشر، قبل كل شيء هو عصر التشريح ؛ فان القرن السابع عشر كان عصر الفيزيولوجيا، وهو علم مرتبط باحكام بالعلم السابق اي التشريح ولمدة طويلة ، ولكنه لم يكن ليزدهر الا على اساس من المعارف التشريحية المتينة والمقررة بصورة مسبقة. لا شك ان القرن السابع عشر قد عرف ايضاً تشريحيين، ولكن الكتب الكبرى قد كتبت . واذا كان القرن السابع عشر قد عرف اطباء مشهورين ، في مجالات متنوعة ، الا ان هذا القرن الجديد سوف يظل قرن هارفي Harvey، نظراً لان اكتشافه للدورة الدموية الكبرى احدث انقلابات في معتقدات عمرها الاف السنين . اما نتائجه في معرفة الطب الحديث فكانت لا تحصى .

وعلى كلٍ ، نحن وضعنا انفسنا على صعيد أعم، واذا تذكرنا بأن الطب كان مشتقاً من الفلسفة، فان اسماء : غاليليه Galilée وديكارت Descartes وفرنسس باكون Francis Bacon ونيوتن Newton وليبنز Leibniz،تستحق ان تذكر، نظراً لما كان لهؤلاء الرجال من اثر على الفكر الفلسفي والعلمي لدى معاصريهم . وتعود مؤلفاتهم، باستمرار الى ذاكرة العلماء وهم يسألون بحرارة عن اسرار الجسم البشري ..

I ـ التشريح البشري

ان اكتشاف الميكروسكوب سوف يوسع بشكل ضخم حقل الاستقصاء عند التشريحيين، وسوف يخلق علماً جديداً هو التشريح الميكروسكوبي. ومن بين فروع التشريح هناك فرع علم تشريح العظام ، وهو العلم الذي خضع لمعالجات كثيرة ، ربما لانه كان اسهل تناولاً . الا انهم لم يكونوا يرون فيه الا فصلاً مؤدياً الى دراسة طب العظام .

ان التشريح لم يقتصر دائماً على عمل علماء التشريح . فالكثير من الجراحين بل والاطباء انصرفوا اليه أيضاً . وعظام الجمجمة كانت موضوع أبحاث عديدة ، وخاصة العظم الإسفيني والعظم الغربالي ، وأيضاً العظام ذات الأحجام الصغيرة . وكان مبحث العضلات ذا مقام أيضاً ، فدرست مثلاً العضلات المحركة للعظام الصغيرة . وبين نقولا ستينون Nicolas Sténon بأنه يجب اعتبار القلب عضلة ، وكان في هذا تجديدٌ كان له وقع كبير

اما البحث في الاوعية الدموية فقد لاقى اهتماماً كبيراً بفضل هارفي Harvey. وجرى التعمق ايضاً في نقاط تفصيلية مثل الدورة الكورونية (التاجية في القلب) كما جرى الاهتمام ايضاً في طبابة القلب. وتنفخ جدران الشرايين لاقى اهتماماً من العديد من العلماء الذين عالجوه أما طبياً واما بالجراحة. ونشير الى خطأ قبل لمدة طويلة، وتناول الشعريات النيرولمفاوية. مما يدل على ان المراقبة الدقيقة لم تكن دائماً مطبقة .

ان علم النيرولوجيا هو احد اقسام التشريح الذي استهوى عالم الطب. فقد انحنى الباحثون باهتمام على الدماغ وعلى المحور العصبي وكذلك الأغشية ، دون الكلام عن المناقشات الطويلة التي تناولت النفس وموضوعها ومكانها. وهكذا لحسن الحظ تطور العمل الذي بدأ به جاك سلفيوس Jacques Sylvius في القرن السادس عشر، وركز توماس ويليس Thomas Willis اهتمامه على الدماغ والاعصاب الجمجمية (وكانت هذه الاعصاب غير معروفة كلها، واسماؤها تختلف عن الاسماء الحالية) ، وركز ريمون فيسنس Raymond Vieussens على نفس هذه الاعضاء وعلى الجهاز العصبي الظاهري الاطرافي. وكانت اعضاء الحس موضوع بحوث لدى الكثير من العلماء . واسس آ.م فالسالفا A.M.Valsalva، بصورة خاصة دراسة تشريح الاذن. اما علم البصريات فلم يقتصر على الاطباء ، بل ان العديد من الفيزيائيين تناولوا موضوع البصريات ومنهم بيرسك Peiresc، والاب شاينر P.Scheiner وماريوت Mariotte .

واخيراً درست الاعضاء الكبرى بتفصيل اكبر. وكان كل دارس يحاول ان يأتي بدقائق جديدة، مثل آ. فان سبيغل A.Van der spiegel بالنسبة الى الكبد ولورانزو بليني Lorenzo Bellini بالنسبة الى الكليتين وج. س. بير J.C.Peyer وج. س. برونر J.C.Brunner بالنسبة الى الامعاء ، وج. ورسنغ J.G. Wirsung وستينون Stenon، وتوماس وارثون Thomas Wharton بالنسبة الى الغدد. ولفتت الاعضاء التناسلية انتباه العديد من الباحثين، وفي طليعتهم ن. هيمور N.Highmore ورينيه دي غراف Regnier de Graaf. واحدى سمات القرن السابع عشر كان ظهور علم الانسجة (كانوا يقولون يومئذٍ التشريح الميكروسكوبي) وكان ذلك نتيجة اكتشاف الميكروسكوب الذي طبع علم تلك الحقبة بطابع عميق . ونذكر أسماء روبر هوك Robert Hooke وانطوني ليونهوك Antony Leeuwenhok ذي الفضول الذي لا يكل ، واسم مالبجي Malpighi الذي ارتكب رغم اكتشافاته المهمة بعض الأخطاء . وطور فردريك رويش Fredrik Ruysch ، عدا عن دراساته في مجال الأنسجة

التشريح الميكروسكوبي فأكمل ، إن لم نقل اخترع ، تقنية الحقنة في الأوردة ، وعرف كيف يحتفظ بالجثث بحالة سليمة ولكنه لم يفصح عن تقنيته .

II ـ الأنظمة الكبرى

الطب الكيميائي ـ ان استعمال الكيمياء في الطب يعود الى باراسلس Paracelse وتلامذته، ولكن هذه الثورة الضخمة هي بعيدة عن الاكتمال. وادخال الاجسام الكيميائية، في الاستطباب ، كـأن شيئاً آخـر غير وسيلة لمنافسة الادويـة الغاليـانية وهنـا تكمن ارادة واضحة ورغبـة في توجيـه الاستطباب وجهة ذكية ، في حين كان حتى ذلك الحين حصيلة اساليب عملية موفقة الى حد ما . ولكن الى جانب الباراسلسيين ، عرف القرن 17 ايضاً رجالاً كان هـدفهم الحصول عـلى الحجر الفلسفي ، وعلى الذهب المشروب وعلى البلسم الكوني وعلى تحويل المعادن. وتميزت هذه الحقبة بـالنزاع الشهـير حول الانتيمون والذي يرجع أصله الى القرن الماضي. وكان هذا النزاع بين كلية باريس، عدوة الدواء الجديد وبين دكاتـرة مونبليـه الذين كـانوا يحتكـرون اماكن الشـرف في البلاط ، وكـان صراعـاً حاداً وطويلاً ـ ودام مئة سنة ـ حيث ساد سوء الظن من الطرفين ، وحيث شوهـد غاليليه من جديـد ينكر بصـورة رسمية المعتقـدات القائمـة في فضائـل المعـدن الشهـير. ولكن الانتيمـون خـرج منتصـراً، بفضـل الملك الذي شفي لانه شرب خمراً مطعمة بالأنتيمون، الامر الذي دفع برلمان باريس الى تزكية الـدواء المونبلياني بموجب قرار اصبح شهيراً . واحتلت المانيا ايضاً مكانة مهمة في مجال الصناعة الكيميائية ، كما دل على ذلك انشاء منابر في كلياتها للكيمياء ، تقليداً لفرنسا ، وخاصة مونبليه ، وكـانت ايطاليـا والدول الاوروبية الاخرى قد عرفت ايضاً بعض الاطباء الكيميائيين انما باعداد اقـل. وقام في وجـه الغاليانيين اعداء التجديد الكيمـائي، امثال غي بـاتان Guy Patin وجـان ريولان Jean Riolan، رجـال امثـال جوزف دوشن Joseph Duchesne (كـرستـانـوس) Quercetanus وث.تـوركت Th.Turquet من مايرن Mayerne . وبيـن هـاتين الطبقتين المتعارضتـين تماماً كان هنـاك بعض التوفيقيين الاقل تعصباً امثال آنج سالا Ange Sala ودانيال سنير Daniel Sennert .

وهناك فئة اخرى اشتغلت من اجل اغناء صناعة الادوية بمستحضرات جديـدة. وكانت هـذه المستحضرات التي نمت وتطورت في كل مكان تقريباً من اوروبا الغربية ، من صنع الاطباء والصيادلة . وكانت تهتم بصورة خاصة بالادوية الكيميائية وكل المستحضرات الاجزائية الاخرى.

وكان البارسلسيون وخلفاؤهم مدفوعين بحماسهم فحاولوا شـرح الفيزيـولوجيـا البشريـة ، وبالتالي الاستطباب بتفـاعـلات كيميـائية . وكما يقول الأب ديلوني P. Delaunay ، فإن الإنسـان قد أصبح وعاءً للاختبار . وهذه التجربة كانت جذابـة ، لأن عمـل الجسم إذا كـان يرتـكز على الكيمياء فان الاضطرابات العضوية تنم ببساطة عن الامراض اما الاستطباب فينشأ حتما مما سبق بفعل عودة العمليات الكيميائية الى وضعها الطبيعي. وكان هذا الشكل من التحليل كاملاً . الا ان الذين كانوا يطبقونه، كانوا يؤمنون ان الفيزيولوجيا والباتولوجيا اي علم الطبابة ليسا الا هذا، وان كل

شيء يمكن ان يفسر عن طريق الكيمياء . ولهذا، واذا كانت بعض النجاحات الموفقة قد شجعتهم على الاستمرار في هذا السبيل، فان محاولات اخرى فاشلة اوقعت النظام كله في الفشل، ومنسية ما يمكن للكيمياء ان تقدمه من افادة. ولهذا كان لا بد من انتظار الوقت الذي اصبحت فيه الكيمياء الخالصة بنياناً قائماً على اسس تجريبية متينة، قبل ان تستطيع من جديد احتلال مكانتها في الطب باسم الكيمياء البيولوجية .

كانت الفكرة الرئيسية عند ج. ب. هلمونت Jean – Baptiste Van Helmont (– 1644 1577) قائمة على ان الحتمية التي تسود الوظائف، كما تسود مصير الجسم البشري، هذه الحتمية تابعة لمبدأ غير مادي اسمه « الروح » (اسم اطلقه الكيميائيون على مبدأ الحياة). وهذه الرّوح تتبعها ارواح ثانوية ترعى عمل الاعضاء عن طريق مفعول الخمائر. ولما كان الغذاء هو اساس الحياة، وضع فان هلمونت Van Helmont مركز الرّوح الرئيسي في المعدة. وتفسر الامراض باختلال بين الرّوح الرئيسية والأرواح الثانوية. وسبب المرض خارجي إذا كان الجسم المهاجم خارجياً عن الجسم وداخلي اذا كانت الاضطرابات وظائفية. ولكن هلمونت Helmont كتلميذ وفي لأبقراط يرى ان السبب الخارجي هو عنصر ثانوي. ان الجسم قد قبل المرض فمرض . وبقول معاصر نقول ان فان هلمونت Van Helmont يضع في المقام الاول مفهوم التربة الصالحة. ومن هذا فالمرض لا يطال الرّوح الثانوية، بل يطال الجسم باكمله اي الروح الرئيسية . والطبابة تقوم اذاً على مساعدة الرّوح الرئيسية لكي تستعيد سيطرتها على اتباعها لا الاكتفاء بمعالجة المظاهر الخارجية. وكان هلمونت خصماً حذراً لاخذ الدم من الجسم، وللمسهلات لانها تضعف الجسم، وفضل عليها الادوية الكيميائية ومستخرجات الافيون والخمر. ويربط هلمونت الرّوح الرئيسية بالنفس التي تتألف من قسمين نفس غير مادية لا تفنى ونفس حسية تتلف مع الجسد وتشكل غطاءً للاولى .

ويمكن وضع فرانسوا ديليبو François Deleboe المشهور باسم سلفيوس Sylvius (1672 – 1614) على موازاة فان هلمونت لان الهضم والتغذية هما في اساس نظامه فضلاً عن ذلك كان يفسر الظاهرات الهضمية بالتخمير وبالفوران اللذين يسببهما امتزاج الطعام بالريق وبعصارة البانكرياس وبالصفراء . ولكن هنا تقف المشابهة لان سلفيوس Sylvius يرفض كل فكرة الرّوح. والاضطرابات في الرطوبة التي لم تكن عند هلمونت الا مظهراً ثانوياً تشكل محور النظريات السيلفية .

كل شيء متعلق بالحموضة او بالقلوية، وكانت الحموضة المسيطرة في اغلب الحالات، تولد المرض من خلل في هذه الرطوبات. ان الحموضة قد تتفاقم او تصبح غير كافية، او قد يجب استبدالها بالقلوية .

ان الاستطباب ينبثق عنها ببساطة : ويكون في اغلب الاحيان قلوياً ، ويمكن الامر باستخراج الدم وبتسهيل المعدة الذي من شأنه ان يغير في حالة المزاج.

وعرف النصف الثاني من القرن السابع عشر تعارضاً بين الخيميائيين والباراسلسيين وانصار

سلفيوس Sylvius ، وخصوم كل واحد ، في حين انتحى جانباً بعض الأطباء والكيميائيين والصيادلة أمثال نيكولا ليميري Nicolas Lémery وموييز شاراس Moyse Charas فاستمروا في عملهم المفيد مكتشفين أدوية جديدة وناشرين كتباً في الكيمياء ذات قيمة لا جدال حولها .

الطب الميكانيكي ـ حملت تجاوزات الاطباء الكيميائيين بعض العلماء على التصرف للعثور على نظريات اخرى لا تقل اغراءً. وكان للفيزياء نماء سريع بفضل التجربة وبفضل نمو الرياضيات وتطبيقها في هذا المجال. وجرى التفكير يومئذٍ في تشبيه الجسم البشري بآلة وتفسيره بالحساب. وكان هذا مرة اخرى يعني الخضوع في كل شيء لنظامٍ واحد. وادى الاسراف في هذا النظام ، ايضاً الى الوقوع فيما وقع فيه النظام السابق رغم احتوائه جزءاً من الحقيقة .

وفتحت الطريق المؤدية الى هذه النظريات الجديدة، من قبل ديكارت الذي تصور، في كتابه « حول الانسان » (الذي كتب سنة 1632 ونشر بعد ثلاثين سنة) ، تصور الانسان الآلة الذي لا يحتاج الى عوامل خارجية لتأمين مساره. وكانت الفيزيولوجيا والباتولوجيا الديكارتية ذكية ولكنها كانت تشكو من صفتها الاستقرائية . فقد كان ديكارت يسرف في الاعتماد على قوة التحليل العقلي ولذا لم يعبأ كثيراً بالتجربة .

وفي ايطاليا توصلت مدرسة غاليليه الى استنتاجات مماثلة للبيولوجيا الميكانيكية عند ديكارت ولكنها استقرضت من اجل هذا الطريق المنهج التجريبي. وتم ادخال التجربة الكمية في العلوم الطبية بفضل سانتوريو سانتوريو Santorio Santorio (1561 – 1636) الذي امضى قسماً من حياته جالساً فوق ميزان ، يزن بدقة طعامه وخروجه. ومن فرق الوزن استنتج وجود تعرق غير محسوس يؤدي نقصه او زيادته الى حال من المرض . وعرفت نظرياته نجاحاً كبيراً رغم انه كان يفضل ابقاءها طي الكتمان بدلاً من عرضها بالتفصيل. وكان فضله في هذا الشأن انه ادخل في الطب استعمال الميزان ، فضلاً عن ادوات اخرى للقياس مثل ميزان الحرارة وميزان الرطوبة وميزان ضغط النبض . واصبح بالامكان بعد ذلك تقييم بعض الظاهرات الحياتية عددياً . وكان الممثل الرئيسي للنظرية الطبية الرياضية جان الفونسو بوريلي (1608 – 1679) Gian – Alfonso Borelli ، رغم ان اخرين قبله شبهوا اعضاء الجسم بالاشياء العادية كالمنفخ والمقص والمضخة والضاغطة الخ . الا ان بوريلي Borelli التفت الى التقلص العضلي والى الحركات ، مميزاً بين الانواع الثلاثة من العضلات . وفيما بعد عكف على بنية الخيوط العضلية. واعتمدت ايطاليا بحماس النظريات الجديدة ولكن في بلاد نيوتن عرفت هذه النظريات التطبيق الامثل مستلهمة الجاذبية. اما فرنسا التي كانت تميل الى الطب الكيميائي، فقد جاءت متأخرة قليلاً . ونذكر بصورة خاصة اسم جورجيو باغليفي Giorgio Baglivi ولورانزو بلليني Lorenzo Bellini في إيطاليا وأسماء جان كيل وف. كول J. Keill, W. Cole ، وآ. بتكيرن A. Pitcairn وج. شين G.Cheyne في إنكلترا ، وأسماء كلود بيرولت Claude Perrault ود. دودار D. Dodart بالنسبة الى فرنسا .

ولم يقصر الاطباء الميكانيكيون نشاطهم على التشريح الفيزيولوجي، لان نظامهم لم يكن له الا

هدف : العثور على سبب المرض ثم وصف الدواء الفعال. وحصل هذا بسرعة. ان حدة السائل العصبي، تؤدي عادة الى التقلص العضلي، وتحدث التوتر او الوهن، والاضطرابات الدموية، والانحطاط والالتهابات، وهذه كلها لها اشكال متنوعة تتعلق بالاجزاء الاولى من الامزجة والاخلاط، كما تتعلق بالاضطرابات الناتجة عن تمثل بعض الاجزاء الغريبة او الاحجام المختلفة من الاجسام الخ .

واضطر بعض الاطباء الميكانيكيين الى الاستعانة بالتفاعلات الكيميائية لاستكمال شروحاتهم. وكان بعضهم الاخر ينسى نظرياته امام المريض . ونذكر في هذه المحاولة الاولى للتوفيق بين النظامين الكيميائي والميكانيكي الفكرة انهما لم يكونا كافيين بمفرديهما لشرح كل شيء . فالقوانين البيولوجية تدخل في اطار اوسع من هذا بكثير، ولكن للاسف كان الكثير من المحازبين والانصار محدودي الفهم. فهناك عقائد اخرى حصرية جداً رأت النور وشغلت كل القرن الثامن عشر. وعندما استنفدت كل هذه الانظمة، قام نظام محصل يأخذ افضل ما في كل منها ليشكل تركيباً جديداً .

III ـ الاستطباب الطبي أو المداواة الطبية (الباتولوجيا الطبية)

التشريح الباتولوجي ـ ركز التشريح الباتولوجي او الاستطبابي نفسه كعلم مستقل. ولكنه اقتصر على العلم الميكروسكوبي ولم يأخذ اهميته الحقة الا في القرن اللاحق. انما نشير الى اعمال تيوفيل بوني **Théophile Bonet** الذي اجرى، مع جان جاك مونجي **J.J.Manget**، وريشار مورتون **Richard Morton** وف. سلفيوس **F.Sylvius** البحوث الاولى حول السلّ الجيبي وحول التجاويف الرئوية في حين درس ريشار ويزمان **Richard Wiseman** البثور البيضاء .

واذا مرت تجارب ريدي، المعارضة لنظرية الخلق الفجائي، غير منظورة، فضلاً عن اكتشاف جرثومة الجرب من المفيد أن نشير الى ان فكرة وجود الميكروبات وجدت على يد الأب كيرشير **P.Kircher** الذي تكلم عن مخلوقات حية غير منظورة، في حين ان آ. هوتمن **A.Hauptmann** شبهها بالدود. واعتقد الاب بوريل **P.Borel** انه رأى في الميكروسكوب مثل هذه الحيوانات في الاقسام المريضة من الجسم الانساني.

الابقراطية الجديدة ـ صحيح ان الطب الغاليان اعطى ما يستطيعه : ولانه لا يحلل كل المشاكل فقد اتجه الناس نحو افاق جديدة. الا ان المبادىء الأبقراطية احتفظت بقيمتها، باعتبار ان الملاحظة الدقيقة للظاهرات العيادية هي في اساس الطب الصحيح ولكن رأينا ان انصار النظم الكيميائية والميكانيكية بادروا الى الارتفاع فوق الكيمياء والفيزياء من اجل بناء باتولوجية فيريولوجية شبه خيالية . وكان من المستحسن ان يقوم اشخاص ذوو حس بالعودة الى الحقائق الاكثر موضوعية بعد رفض كل ما لا يمكن ان يكون الا من رؤى الفكر. وقد عرف القرن السابع عشر لحسن الحظ اطباء حرصوا على العودة بفنهم الى التراث الأبقراطي . ويجب عدم الخلط بين هؤلاء الأبقريطيين الجدد والغليانيين من القرون الماضية الذين كانوا ممثلين يومئذٍ بعدد وافر، والذين كانوا يرون في غاليان

والعرب مؤلفين يجب اتباعهم على بلاتبصر . فقد كانوا قابعين في ماضيهم ولذا لم يكونوا يساعدون بأي شيء في المسار الصاعد للطب ، في حين أن الأنصار الجدد للأبقراطية كانوا يتولون مهمة بنائه . .

وكان ابرز ممثليهم توماس سيدن هام (1624 – 1689) Thomas.Sydenham. وقد قرأ قليلاً على ما يقال كتب أبقراط فكان أن أعاد اكتشاف قسم من مبادئه وتعاليمه. وكان لا ينتمي الى أية مدرسة وكرس كل حياته لمرضاه في لندن وضواحيها .

وعدا عن هذا العمل التجديدي ، حرص القرن السابع عشر ، وهذا ما يجب ذكره ، على حسن التعريف بالنصوص القديمة اليونانية ، فصدرت ترجمات ممتازة لأبقراط ولغاليان يومئذٍ .

وقطع سيدن هام Sydenham علاقته بالتراث فاكتفى بملاحظة ما عرض أمام بصره. وعاد الى مبدأ كان عزيزاً على أبقراط ، كان غيليوم بايو Guillaume Baillou قد عاد اليه بقوة في القرن السادس عشر ، فأوصى باقامة نظم طبية ، اي اوصى بجمع كتاب واحد يضم الامراض الملحوظة خلال فترة معينة. وليس القصد هنا ، بالمعنى الصحيح ، دراسة امراض موسمية ، لان النظم الطبية المطلوبة تشمل عدة حقب اوسع ، وتشمل احياناً عدة سنوات. وحده نمط الامراض المراقبة يحدد النظام او الدستور الطبي الذي قد يكون أيضاً موسمياً . وهكذا راقب سيدن هام Sydenham نظماً تغلب فيها الجدري وأمراض الحصبة والزنطارية والكريب . وعالج الحميات المتقطعة والحميات المعاودة والحميات الدائمة وأخيراً وباء الطاعون . ومن خلال أوصافه لعلامات المرض وعلاقاتها فيما بينها ، وضع سيدن هام مفهوماً جديداً عيادياً للأمراض . وكان من دعاة علم تصنيفي جديد للأمراض . وقد اعتبر سيدن هام ، مثل أبقراط المرض كلاً واحداً . ولذا عالج كلّ الجسم أكثر من مظاهره الخارجية مساعداً أو صاداً لردات الفعل الطبيعية ، بدلاً من الحلول محل الطبيعة الشفائية .

اما معالجته فكانت حكيمة ومنطقية. ونحن مدينون له باشياء منها اشاعة استعمال الكينا والافيون .

ورغم انه لم يكن صاحب مدرسة ،فقد كان لسيدن هام هذا تلاميذ اتبعوا نهجه ، الى درجة ان وضع النظم الطبية اصبح من الامور الكلاسيكية في القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر. والى جانب سيدن هام يجب أن نذكر أيضاً شارل باربيراك Charles Barbeyrac الذي ربما التقاه في مونبيليه ، وهو المركز الاصيل للأبقراطية الجديدة. ومن انكلترا ومن فرنسا امتد التجديد الى كل البلدان الانغلوساكسونية والى ايطاليا .

مجموعات الملاحظات او اوصاف الامراض ـ الى جانب هؤلاء الطليعيين من اصحاب الأبقراطية الجديدة، قام اطباء اخرون، ظلوا في صفوف الاطباء الممارسين، فنشروا ملاحظاتهم دون ان يحاولوا ان يستخرجوا منها افكاراً عامة. ورغم قصر مدى هذه الملاحظات ، فقد كانت ذات قيمة ثمينة بسبب عدم وجود النشرات الطبية، وبسبب صدورها ايضاً ، في معظمها عن اساتذة ذوي قيمة، لا يمكن التشكيك بسلطتهم .

ولم تكن هذه الملاحظات مدونة كما في ايامنا : فقد كان الاستطباب سائداً فيها على حساب عرض الدلائل وتاريخ المرض ، الامر الذي لم يساعد دائماً على تحديد الامراض المدروسة . ولكن اقراراً بفضل هؤلاء الاطباء ، لم يكن بعضهم، مثل لازار ريفير Lazare Rivière يتردد في استخدام اعتباره فينشر الى جانب ملاحظاته الخاصة الطبية ملاحظات الجراحين الذين كانوا محترمين برأيه. وازدهرت هذه النشرات ، في نفس الحقبة تقريباً في كل مكان في اوروبا. انها من صنع حياة بكاملها او هي مجرد ربط للاحداث غير العادية مثل وباء الطاعون. ووصف الممارسون الانكليز الكساح. واكتشف ويليس Willis مادة سكرية في بول المرضى بالسكري . والى جانب الرجال هؤلاء تجب الاشارة الى مجمّعين : السويسري تيوفيل بونى Théophile Bonet والسويسري جان جاك مانجيه Jean-Jacques Manget اللذين آليا على نفسيهما أن يجمعا أفضل كتابات سابقيهما ومعاصريهما في الطب والجراحة والتشريح والصيدلة الخ ، وان يقدّما خلاصة تتيح معرفة حالة الطب في أواخر القرن السابع عشر .

علم الامراض الوبائية ـ كانت الامراض الوبائية يومئذٍ مرهوبة الجانب، وبخاصة الطاعون الذي كان يجتاح مدناً باكملها ، وفي كل مكان من اوروبا. ولم تأت الكتابات العديدة التي ظهرت في هذا المجال بعناصر جديدة قد تمكن من مجابهة هذا الوباء المخيف بفعالية. ولكن الاهتمام بامراض اخرى اقل خطورة ذات مسار وبائي او تكراري لم ينقطع. فبعض الاوبئة كانت قد ميزت عن غيرها مثل حُمّيات البرداء التي كانت معروفة من الاقدمين. ولكن كان هناك حميات اخرى بحاجة الى تحديد ذاتيتها مثل الامراض الطفحية التي كانت في كثير من الاحيان تلتبس مع الحصبة. ويعود الفضل الى سيدن هام بأنه ميز الحمّى القرمزية. ولكن فصل الحميات الواسع بدا أكثر تعقيداً ولذا جرت محاولات لتصنيف اشكالها بالارتكاز الى عنصر مسيطر وجرى الكلام عن حميات دورية ومترددة ومستمرة، وايضاً عن حميات سُباتية، وصفراوية وعصبية ودودية ومخاطية ورشوحاتية يضاف اليها وصف رديئة او خفيفة بحسب الحالات. وكان الكينا بحق عنصراً جديداً ولكنه غير كاف في التصنيف. وقد امكن بعد ذلك الكلام عن حميات تتأثر بالكينا وحميات تستعصي عليه. وفي ما نخص الخاصة الوبائية جرى التعرف على التأثيرات المناخية، والجوية والجغرافية، أولى طلائع البحث في الطب الباطني .

وكانت فكرة العدوى قد عرفت ايضاً ، رغم الخلاف الدائم حول اسلوب العدوى في مرض معين : من شخص الى شخص، بواسطة الاشياء او الثياب، او بالهواء وفي هذه الحقبة قوي تدبير الحجر الصحي، وهو تدبير قاسٍ ولكنه ضروري. وكذلك جرت محاولات لحماية النفس عن طريق المطهرات العطرية التي لم يخل بعضها من الفعالية ، كما ثبت من دراسة حول الطاعون في مونبيليه من قبل فرانسوا رانشين. في تلك الحقبة كانت كل مدينة في فرنسا او في ايطاليا او في المانيا لها مكتب صحي مهمته الاعلام واستباق ظهور اي مرض رهيب ثم اتخاذ كل التدابير اللازمة لحماية السكان. والى جانب ضباط الصحة، وهم نوع من المفتشين الصحيين من غير الاطباء ، كان هناك جرّاح متخصص بالطاعون. وكانت معالجة هذا المرض يومئذٍ من اختصاص الجراحة اكثر من الطب . وكان جراح الطب مكلفاً بالتوجه الى المكان للتثبت من الحالات المشبوهة، ثم بذل العناية للمرضى بالطاعون

في حالة الوباء . وعدا عن الطاعون يشار أيضاً الى بعض الأوبئة مثل الزحار والتيفوئيد والجدري . أما الجذام فقد تراجع تماماً وأقفلت مصحات الجذام الواحدة تلو الأخرى ، أما السل وكان يسمى يومئذٍ « افتيزي » فقد أخذ يحتل مكاناً أكبر في الاستطباب .

وعدا عن الاوبئة كانت الأمراض الملحوظة عادة في ذلك الوقت، وبحسب التسمية يومئذ : النقرس، الاستسقاء الوسواس او السويداء والرشحات والتقرحات من كل انواعها والجرب والامراض الزهرية التي لم تتفاقم كما في القرن السابق. ولا شك ان ذلك يعود الى ان السفلس لم يعد جديداً ولان المعالجات بواسطة الزئبق كانت تعطي نوعاً من الفعالية .

الصحة والطبابة الجماعية ـ كان من اثر هذه المعلومات حول علم الاوبئة ظهور مفاهيم للصحة. وقد تبدو في الكلمة بعض المبالغة. فقد قيل ان العصر الكبير كان عصر الأيدي الوسخة. ورغم ذلك فقد ظهرت مستشفيات جديدة وخاصة في فرنسا. حيث افتتح لويس الرابع عشر المستشفيات العمومية المكلفة بان تضم السكان المحتاجين الى الاستشفاء والموزعين حتى ذلك الحين في بعض المؤسسات الصغرى الضعيفة الموارد. وفي حالة الوباء الخطير، كما في الماضي، كانوا يلجأون الى المستشفيات المتخصصة، كما كان الحال بالنسبة الى المصابين بالطاعون، وهذا كان يبرر تدفق المرضى. وكان يوجد ايضاً بعض المستشفيات العسكرية خاصة في المناطق التي تدور فيها الحروب بصورة دائمة . اذا اخذ الجيش يهتم بجرحاه ومرضاه. وكان عند بعض الامراء الالمان موظفون صحيون ملحقون بجيوشهم؛ ولكنهم في الغالب كانوا يتعاقدون مع جراحين لمدة حملة واحدة. انها مدرسة قاسية هذه الطبابة العسكرية وهذه الجراحة العسكرية. ولكنها غنية بالمعلومات. ولهذا كان الشبان من الجراحين يسعون اليها قبل أن يفتحوا عياداتهم. ونتج عنها ايضاً كتب جراحة عسكرية مفيدة، وبحوث في الصحة الميدانية وفي صحّة الجيوش المحاربة، لا تخلو من فائدة .

الطب الاجنبي الخارجي ـ استخدمت الشركات البحرية الكبرى جهازاً طبياً للعناية بالناس فوق سفنها ، وفي ممتلكاتها البعيدة في الهند الشرقية والغربية. وكان الاطباء في اغلب الاحيان وكذلك المسافرون يكتشفون عند رجعتهم جملة من الامراض والادوية التي لم تكن معروفة حتى ذلك الحين، وهذا ما ادخل فصلاً جديداً في تاريخ الطب هو الطب الاجنبي والخارجي .

وكانت البلدان المسرح لهذه الملاحظات في باديء الامر عديدة. كان بعضها قريباً نسبياً ، مثل عالم البحر المتوسط الشرقي وبخاصة مصر وفارس وكان بعضها أكثر بعداً مثل افريقيا الجنوبية وشبه الجزيرة الهندية والأرخبيل الهندي والصين واليابان من جهة ، وأميركا الجنوبية والبرازيل والبيرو والغويان والانتيل من جهة اخرى، دون الكلام عن المقاطعات القطبية السيبيرية. ولم تكن الدول التي ساهمت في نشر هذه المعارف الجديدة دائماً قوى بحرية. فالى جانب هولندا كان الطب الاجنبي ناشطاً بصورة خاصة في تلك الحقبة بفضل الفرنسيين والالمان .

واذا كانت معرفة الإمراض الجديدة يومئذٍ ذات اهمية نظرية فقط، كما كان الحال بالنسبة الى مرض النوم، فقد كان الامر يختلف بالنسبة الى الوسائل الشفائية المستعملة من قبل الشعوب البعيدة

مثل الصينيين والهنود، الذين اغنوا بصورة ايجابية المدخر الطبابي الغربي. ونحن لا نورد كدليل الا ادخال الكي والوخز بالإبر من عند الصينيين والكينا وعرق الذهب، وهو جذر مُقيء من عند الهنود في اميركا الجنوبية دون الكلام عن اشاعة المستحضرات القديمة المعروفة ولكنها نادرة مثل الافيون. وعلى نفس الموازاة كان الاهتمام بالازهار وبالحيوانات في هذه البلدان من قبل اطباء آخرين يهتمون بالطبيعة مفيداً للغاية ان بالنسبة الى المادة الطبية او بالنسبة الى التاريخ الطبيعي .

الطب الشرعي ـ يمكن اعتبار القرن السابع عشر ايضاً قرن الطب الشرعي، رغم وجود سابقين في هذا المجال اتوا في اواخر القرن الماضي مثل جون وير Jan Wier الذي ناهض معتقدات القرون الوسطى المترسخة التي كانت تقضي بتعذيب البؤساء لاتهامهم بالشعوذة ، مثبتاً انهم مرضى دائماً وبحق.

ولكن الطب الشرعي منذ نشأته قام بمهمات متنوعة جداً ، لانه اهتم ايضاً بالتسميم وبكل موت مشبوه. وكان الاجهاض والاغتصاب والتخصص في الجراحة والتحليل النفسي الطبي تدخل في مجالها ، حتى ان العديد من المؤلفين ساهموا في قيام هذه العلوم الجديدة. ولهذا ايضا استمر بعض الاطباء الشرعيون يؤمنون الى حد ما بالامراض السحرية والامراض الشريرة نظراً لهيمنة القرون الوسطى.

على هذا المظهر الخاص من الطب. ومع ذلك فقد بدأ عهد جديد اكثر موضوعية واكثر علمية بفضل اعمال ج.ب كودرونشي G. – B.Codronchi وسيفيرين بينو Séverin Pineau. ومن بين المؤلفين الذين تقدموا بهذا العلم فيما بعد نذكر فورتوناتو فيديللي Fortunato Fedeli وجوهان بوهن Johann Bohn وج. زيللر J. Zeller وبصورة خاصة باول زاخيا Paolo Zacchia (1659-1584) الذي عرف انتاجه الكامل بمقدار ما يسمح به عصره انتشاراً دائماً . وفي المرتبة الأولى من البلدان التي ساهمت أكثر من غيرها في تقدم هذا العلم نذكر ايطاليا وألمانيا وتأتي بعدهما فرنسا والبلدان المنخفضة .

IV ـ الجراحة

الجراحة العامة ـ كانت الجراحة كما في الماضي مفصولة عن الطب. واستمرت ايطاليا وحدها تحافظ على تراث وسيطي خاص لم تتخلص منه ابداً . وهذا التراث يجعل الجراحة تقريباً على نفس مستوى الطب، ويجعلها ولو جزئياً على الاقل تمارس وتعلم من قبل الاطباء . ورغم هذا فقد تقهقر الفرع الجراحي في شبه الجزيرة الايطالية . وقام بلد كان ثانوياً حتى ذلك الحين يحاول ان يأخذ مكانة ايطاليا هو هولندا التي كان جراحوها المشهورون دكاترة في الطب . وبالنسبة الى البلدان الاخرى بقي هذا الفن المعتبر يدوياً ، مسنداً الى رجال كانوا مهرة ولكنهم في اغلب الاحيان مشعوذون، وفي كثير من الاحيان جهلة. إذ خارج كلية سانت كوم في باريس لم تكن هناك مدارس جراحية متخصصة. وكانت الدروس في بعض الكليات الطبية نظرية اكثر مما هي عملية . اما كلية سانت كوم فقد كانت شهرتها قد

خبت بفعل الاختلافات المتعددة بينها وبين كلية باريس. وهذه خلافات كانت تذكيها الصراعات الخفية القائمة بين الجراحين من ذوي الاثواب الطويلة والحلاقين، الى اليوم الذي اصبح فيه الاولون بمنزلة الاخرين. وعلى العموم كان الطلبة من الجراحين يتعلمون مهنتهم بوضع انفسهم منزلة التلامذة عند المعلمين المشهورين. في حين كان بعضهم يفتش عن مركز له في الجيش.

وحالة التدهور التي كانت عليها الجراحة لم تمنع بعض الجراحين من القيام باعمال تعيد الاعتبار الى هذا الفن المعتبر بغير حق فناً وضيعاً. وعلى كل لا يمكن مقارنة اي احد بانبرواز باري Ambroise Paré الذي استمر سيد الجراحة، رغم ان غي شولياك Guy de chauliac لم يكن من المنسيين تماماً. والمعالجات في معظمها التي رأت النور يومئذ، مهما بدت كاملة، لم تكن الا ظلاً لهذا العمل الموشح فقط، هنا وهناك، ببعض الكمالات التفصيلية التي قدمها المؤلفون الجدد بفعل ممارساتهم.

وعدا عن الجراحين، استمر الممارسون بالتجربة، وان قل عددهم، يجرون العمليات. ولكن بعض نشاطاتهم مثل الفتق وتكثف العدسة في العين كانت من اختصاص الجراحين بحق. ولكن كان هناك اختصاص، هو استخراج حصاة المثانة لعب عندهم دوراً كبيراً، دون ان يختص بهم بصورة مطلقة؛ وكانت هناك عائلات متخصصة في هذا المجال مثل عائلة كولو Colo وكان اشهر الجراحين في الحصاة جاك بوليو Jacques de Beaulieu الذي عرف النجاح والاخفاق بشكل متتالٍ. وعلى كلٍ فقد تخلى الحلاقون والجراحون عن الشعوذة وحاولوا شفاء مرض الحصوة الذي كان شائعاً جداً في ذلك الزمن. وحسنوا في ادواتهم (وكان أمامهم من الناحية التقنية الخيار بين الالة الصغيرة التي صنعها سلس Celse والالة الكبيرة من صنع ماريانو سانتو Mariano Santo ثم القامة المرتفعة).

ومن بين الدول التي ساهمت اكثر من غيرها في تطور الجراحة العامة في تلك الحقبة كانت فرنسا وتليها البلدان المنخفضة والمانيا وايطاليا. ولكن الشخصيات الاكثر بروزاً لم تكن من ضمن هذا التصنيف بالضرورة إذ بهذا الشأن علينا ان نذكر بيار ديونيس Pierre Dionis الذي عرض منذ 1673 في بستان الملك في باريس «التشريح المقسر عن طريق الدورة الدموية». ونذكر ج. ج. دوفرني J. — G.Duverney من فرنسا وويل هلم فابري Wilhelm Fabry (فابريسيوس هيلدانوس) Fabricius Hildanus ونذكر م. ج. بورمان M.G. Purmann الألماني وم. أ. سفرينو M.A.Severino وسيزار ماغاتي Cesare Magati من ايطاليا وريشار وايزمن Richard Wiseman من انكلترا وف. ديكر F.Dekkers ون. تولب N.Tulp بالنسبة الى البلدان المنخفضة.

والتفت العديد من الجراحين ناحية علم العظام وناحية الاستطباب. وعرفت الجراحة العضلية بعض التجديدات الموفقة مثل الشق المفتوح في الصدر (ستيرنو كليدو ماستودين) — Sterno cléido-mastoidien) في الصعر [داء في الرقبة ميس]. وتناولت جراحة الأوعية بشكل خاص الامدم [تنفخ في الشرايين] كما تناولت تضميد الاوعية الدموية. واصبحت جروح الامعاء والفتاق وتضميداتها، والاورام من كل نوع من الامور الشائعة المعروفة، وكذلك الناسور (شارل فيليكس

تـاسي Charles Félix de Tassy) . وكـانـوا يـومئـذ يجـرون عمليـات في القصبـة التنفسيـة وكـذلـك عمليات اكثر جرأة وبصورة خاصة في مجال الامراض النسائية. وعلى العموم كانوا يدرسون ويعالجون بذكاء جروح الرأس والصـدر والبطن، وكـانوا يثقبـون ويقطعـون كثيراً انمـا بنوع من النجـاح. وقد حصلت عمليات تدخل اليوم في مجال معالجة امراض الحنجرة والاذن والانف وامراض العين. ودعا سيزار ماغاتي Cesare Magati بنجاح الى استعمال « التضميد النادر » .

واذا كانت جراحة القرن السابع عشر قد قصرت عن ادراك بريق جراحة عصر النهضة ، الا انها ليست اقل قيمة اطلاقاً ، ذلك انها حاولت ان تتمثل بفهم، وان تحسن المعارف الحاصلة سابقاً. ممهدة الطريق امام الإختصاصات التي سوف تتفرد في القرن اللاحق.

علم القبالة او فن التوليد ـ وكان هذا تخصيصاً فعلياً في مجال فن التوليد، رغم ان هذا المجال كان وما يزال مرتبطاً بعلم الامراض النسائية وبعد ذلك الحين اصبح توليد المرأة على يد الرجل مقبولاً او لم يعد يعتبر كارثة في نظر المرأة. وتبارى الاطباء والجراحون في العمل من اجل هذا الفن. وكان علم التوليد منذ بداياته علماً فرنسياً برز فيه اسماء مثل اسم موريسو Mauriceau وبورتال Portal، كما برز اسم قابلة مولدة مشهورة بحق هي لـويز بـورجوا Louise Bourgeois. ومن بـين الدول الاخـرى فرضت هولندا نفسها بواسطة هانري فان ديفنتر Henrik Van Deventer. وجاءت المانيا وسويسرا فيما بعد.

وكانت التجديدات مهمة الى حدٍ ما. وكانت الاساليب التي يجب استعمالها في مختلف الحالات قد اخذت تدون ووضعت تقنيات جديدة مثل تقنية مـوريسو Mauriceau. ولم تعـد عملية الـولادة تجري بشكل متسرع، وان كان الخلاص منها بسرعة هو المطلب. وبالمقابل، تخلى الاطباء عن العملية القيصرية التي رأت النور في القرن الماضي، قد تراجعت وتركت بسبب الفشل المتكرّر، على الاقل في فرنسا حيث كان موريسو لا ينصح بها ، في حين انها كانت تطبق في المانيا وفي البلدان المنخفضـة كما كانت مقبولة بشكل عام. اما الالتصاق فقد مضى غير منظور في نظر المولدين . ولكن القرن السابع عشر هو قرن الملقط (ملقط الجنين) الذي يعزى اختراعـه الى العائلة الانكليـزية شـامبرلـين Chamberlain. وقد احدث هذا التجديد الكثير من الضجـة بسبب النجاح الحـاصل وايضـاً ربمـا بـسبب الغموض الذي احاط بالالة التي حرص اصحابها على اخفائها عن عيون المعاصرين. وقـامت محاولة فاشلة في باريس فجعلت فـرنسا تعـرض عن هذه الآلـة . ولكن الامر كـان بخلاف ذلـك في البلدان الاخرى وخاصة في هولندا حيث اشترى العديد من الاطباء من آل شامبرلين سرهم. وكان لا بد من انتظار بعض الوقت قبل ان يصبح الملقط اداة العموم .

V ـ علم الصيدلة وعلم المداواة أو فن الشفاء

في نهاية هذه الدراسات كلها عرفت الصيدلة انقـلاباً بفضـل ادخال ادويـة جديـدة ذات قيمة

فعلية. والدواء الذي احدث ضجة كبرى بدون منازع هو الكينا المستورد من البيرو حيث كان السكان يعرفونه منذ زمن طويل باسم شجرة الحمى. وعبر اسبانيا جاءت « بودرة الملكة » الى فرنسا بفضل اليسوعيين الذين اطلقوا عليها اسمها. ولكن سمعتهم السيئة في بعض الأوساط جعلت استعمالها يتوقف بسرعة. وقد نسيت تماماً لفترة وعادت للظهور في باريس آتيةً من انكلترا حيث توفق روبير تالبور Robert Talbor (طابور Tabor)، وبعد مشقة في فرضها يساعده في ذلك سيدنهام Sydenham. وفي فرنسا أتاح مرض الملك (بفضل العناية الإلـهية) وشفاؤه بهذه البودرة المدهشة، للدواء أن يتغلب على المقاومة والمعارضة الأخيرتين.

اما المستحضر الآخر الذي ظهر يومئذ، فهو عرق الذهب [جذر مقيء]، ومن منشأ اميركي ايضاً، وقد اعتمد في فرنسا، بعد ان ابرأ. جان اندريان هلفتيوس Jean – Andrien Helvétius، والد الفيلسوف الشهير ولي عهد فرنسا بواسطة هذا العرق. واخيراً كان هناك دواء ثالث اجنبي هو الافيون الذي كان معروفاً منذ القديم، وقد كسب رضى الجمهور، بتأثير جزئي من سيدنهام Sydenham.

ويجب ايضاً ذكر النجاح المدهش الذي ناله الشاي والقهوة والشوكولا وكلها كانت تعتبر من الادوية.

فضلاً عن ذلك ما يزال الشاي ومستخرجاته، وكذلك « المومياء » وهي حبيبة الى قلب باري Paré مستعملة. ولكن المستحضرات من اصل معدني قد تراجعت بصورة تدريجية امام المركبات الكيميائية مثل سلفات الصودا والمنغنيز والبوتاس والاسيدات (الحوامض) والقلويات وكلها حبيبة الى قلوب اهل الكيمياء. وكان الزئبق مطلوباً من اجل الترضيب [استدرار الريق]. وفرض الانتيموان (الاثمد) نفسه بعد حرب طويلة. وظهرت ادوية معقدة بشكل بلسم. واخيراً جاءت ماء الكولونيا. ولكن المخزن الطبي سوف يستكمل بالمواد الغازية. فمرهم دي ريفيير de Rivière الذي ما يزال مستعملاً حتى ايامنا مثل على ذلك. نشير ايضاً الى دخول المغناطيس في معالجة الاوجاع.

تقنيتان جديدتان ـ الى هذا المجمل يجب ان نضيف تجديدين مهمين: الزرقات الطبية ونقل الدم. هاتان التقنيتان الجديدتان الطبيتان ظهرتا بذات الوقت وقد سار حولهما جدل متنوع. واذا كانت الزرقة الطبية في الوريد قد بقيت كوسيلة استطبابية، فان نقل الدم، الذي حققه الانكليز والالمان والفرنسيون والايطاليون، قد منع بسرعة في فرنسا وفي ايطالية بعد الحوادث المميتة التي حدثت بعد النتائج الاولى الباهرة. ومن بين الدعاة لصالح الزرقة الطبية في الوريد نذكر الانكليزي كريستوفر رن Christopher Wren ومعاونيه ونذكر الالمان ج. د. ماجور J.D.Major وم. اتمولر M.Ettmuller. ومن بين المدافعين عن نقل الدم نذكر من بين آخرين الانكليزي ر. لور R.Lower، والايطاليين ج. كولي G.Colle وف. فولي F.Folli والفرنسي ج. ب. دينيس J. – B.Denis.

VI ـ الحياة الطبية

وهكـذا، وبعكس ما يمكن ان يعتقـد، كان القـرن السـابـع عشر فتـرة خصبـة في الكثير من النواحي، وبصورة رئيسية في مجالات مهملة او غير معروفة من رجال عصر النهضـة. لقد كـان فعلا عصر علماء. ولم يعد الطب حكراً على بعض الاساتذة وعلى بعض المدارس. وقد تمت الاكتشافـات المهمة، بصورة عملية، بآن واحد في جهات اوروبا الاربع. واصبح الطب بصورة تدريجية علماً كونياً. وتميز البروز العلمي الذي ظهر يومئذ، بظهور اكاديميات، وجمعيات علمية اخرى، خاصة في ايطاليـا وانكلترا وفرنسا والمانيا. وقد حرصت هذه الجمعيات وبعض الافراد من الخـاصة عـلى تعميم نتائج اعمالهم خارج مدنهم. وكان هذا هو السبب في قيام الصحف والمجلات الطبية والعلمية التي نشرت بسرعة عبر العالم الفكر الطبي السائد يومئذٍ. نذكر أنّ مؤسس الصحافة تيوفراست رينودوت Théophraste Renaudot كان طبيباً، وان أطباء آخرين كرسوا قسماً من نشاطاتهم لنشر أوراق، منها ما لم يستمرّ. منهم في فرنسا ج. ب. دينيس J. B. Denis ونيكولا بليني Nicolas de Blégny وخلفاؤهما

وبالمقابل عرف التعليم الطبي اتساعاً لم يعرفه من قبل. فالى جانب المدارس القديمة في باريس ومونبليه وبولونيا وبادو وبيزا وبافي وكامبريدج واكسفورد ولوفان وتوبنجن وهيدلبرغ وبال، ظهرت أخيراً دفعة مدهشة من المدارس الجديدة، وخاصة في ألمانيا وإيطاليا حيث حرص كل اميران تكون له جامعته الخاصة، أما لأسباب سياسية أو فقط وطنية أو لدوافع دينية.

وكانت اشهر هذه المؤسسات الجديدة هي جامعة ليد في البلدان المنخفضة والتي عرفت نجاحـاً باهراً. ولم يهمل الطلاب من اجل المدارس الجديدة المـدارس القديمـة التي لم تضعف شهرتهـا والتي عرفت اقبالا مهماً من الزوار الاجانب. وقد كان عرفاً سائداً ان يبدأ الطالب تعليمه او ان يكمله برحلة كبيرة ماراً في فرنسا وهولندا وسويسرا وايطاليا وحتى انكلترا. وعلى كلٍ كان كل فرد يفضل ان يعود الى وطنه لكي يأخذ منه شهادات الدكتوراه.

من خلال تداخل الشعوب الذي عرفته القرون الوسطى يضاف ايضاً تداخل في الافكار زادته المطبعة والصحافة تفاقماً، محولة بصورة غير محسوسة، التعليم الفريد جداً الذي كانت تعلمه المدارس الوسيطية الى طب وحيد بدت حسناته ملموسة واكيدة ولكن سحره ربما كان اقل.

الفصل الرابع :
علم النبات

اصبحت العادات اكثر فاكثر ضماناً : فعلم النبات تحرر من النشاطات التي التبس بها دائماً، وحاول ان يمشي مستقياً ، وعن معرفة الى الغاية : حدد ووصف وصنف ضمن مجموعات، النباتات ليس وفقاً لفضائلها ، (الصحيحة أو المفترضة ، وبالنسبة الى الانسان) أو لأصلها بل نسبة الى خصائصها. وكان اشهر نباتي في النصف الاول من القرن، جونغ (1587 – 1657) Joachim Jung من هامبورغ، وكان ممثلاً صحيحاً لهذا العلم الفتي. والواقع انه قلما اهتم بالناحية العملية او باضافة معلومات جديدة بل اهتم اكثر بصياغة الاسس النظرية لعلم ما يزال حائراً . ورغم انه لم ينشر شيئاً في حياته[1]، فقد كانت اقواله مسموعة بصورة باكرة. وبعد 1660 اخذت كتاباته تنتشر بصورة خفية، واخذت تفعل فعلها الحاسم في افكار مؤسسي المنهجية : ر. موريسون R.Morison وجون ري John Ray اولاً ثم ليني Linné تالياً . وكان جونغ Jung يلقب بسيزالبينو Cesalpino الجديد، ولكنه كان معاصراً لغاليلي وديكارت، وكان يعتبر من حيث المبدأ معارضاً لارسطو.

وناهض الفكرة التيولوجية القائلة بالتجسيمية اي يعزو الصفات البشرية الى غير العاقلين. ولم يؤمن بالخلق الفجائي. وفي علم النبات رفض احد اقدم المواقف الراسخة ظاهراً : موقف الايمان الشامل بصحة تقسيم النباتات الى اشجار والى اعشاب. كان جونغ Jung عالماً موهوباً ، وان كان قد جاء بقليل قبل عصر التحسينات البصرية او على الاقل قبل استخدامها استخداماً علمياً . وكان يفكر كرياضي وكان يلتزم بالدقة وبالعمق اللذين كانا غير معروفين حتى يومئذٍ في تحليل الاشكال. واليه يعود فضل ادخال الكثير من الكلمات المحددة المعنى في علم النبات ، والتي ظلت معتمدة مثل الكم او غلاف الزهرة ومثل العرق او الضلع ومثل السويقة او العنق ومثل ما بين العقدتين. وجونغ Jung هو الذي حدد لاول مرة، بعد ان استعمل مفهوم التناظر، الجذع والورقة، وخاصة الورقة المركّبة (وأيضاً مواقع الورقة على الغصن او الجذع) .

---

(1) أمّا كتاباه الشهيران فهما « بلاتيس دوكسوسكوبيا فيزيكا مينوريس » وقد صدر سنة 1662 ، و« ايساغوج فيتوسكوبيا » وقد صدر سنة 1678 .

وقد خلفه خلفاء جديرون به امثال ر. موريسون R.Morison, وج. ري، J.RAY، وتورن فورد الذين ملأوا بشهرتهم النصف الثاني من القرن السابع عشر. ولكن هؤلاء النباتيين لم ينصرفوا، بعد كل حساب، الى العلم، بل الى المنهجية. يجب ان نرى الاصالة الحقة لهذه الحقبة المدروسة. لقد ميز جونغ Jung في السابق بين عدة مجالات داخل علم النبات. وكان لا بد من مرور سنوات قليلة حتى يقوم علماء مثل مالبيجي Malpighi وغرو Grew، ور. كاميراريوس R.Camerarius باكتشافات مهمة في حقول كانت غير مكتشفة بعد، وذلك بفضل التقدم التقني (الميكروسكوب)، والمنهجي (الطريقة الكمية والتجريبية) والفلسفي (قلب نظريات ارسطو، بصورة خاصة فيما يتعلق بالتغذية ؛ الاعتراف بوحدة الكائنات الحية بحكم انها آلات) . انه قرن عظيم، حقاً ، رأى، مع فان هلمونت Van Helmont ومع جونغ Jung وخاصة مع ماريوت Mariotte او مالبيجي Malpighi، نقل الاهتمام نحو الدراسة الوضعية لوظائف النباتات.

وكما اشار بصواب انيس اربر Anges Arber، لقد طبع شخص اسمه غرو Grew، وبثبات ما سوف تكون عليه المبادىء الجديدة للفكر النباتي : ان الجمال الخفي الذي اكتشفه الميكروسكوب، الا يدل على ان النباتات لم تخلق ابداً لصالح الانسان او لأنسه. اليست هي كما هي مستقلة عنه، سواء كان له أم لم يكن له العقل والوقت الكافي والقدرة على فهم كيفيتها ؟ .

ان دراسة بنية النباتات اصبحت حجة جديدة تدعم مفهوماً موضوعياً للطبيعة. وعندها ما هو دور السمات والبنيات ؟ كتب جون شيلر J.Schiller يقول: « ان العلاقة الوثيقة بين البنية والوظيفة هي المفهوم الذي يسيطر على الفيزيولوجيا في النصف الثاني من القرن السابع عشر».

وعلى نفس النسق بدأ مفهوم قيمة تصنيف النباتات يفرض نفسه. وسوف يتيح نمو علم الاشكال (المورفولوجيا) ، والتقدم الحاصل في مجال معرفة عملية التوالد، ازدهاراً سريعاً لعلم التصنيف. واصبحت الزهرة فجأة سافرة سواء في تكوينها ام في وظيفتها : وبامكان ليني Linné ان يأتي .

الفيزيولوجيا النباتية ـ هناك اسلوبان للعمل في مجال علم النبات : هكذا قال كلود بيرو Perrault عضو الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس، في كانون الثاني 1667، احد هذين الشكلين يعود الى التاريخ (علم التصنيف) والاخر يعود الى فيزياء النباتات (فيزيولوجيا) ورسم في اطار هذا العلم الاخير برنامج دراسة ميكروسكربية وتجاربية من اجل زيادة المعرفة (بما يساعد على ولادة وتغذية النباتات وما فيها من مظاهر اخرى ملحوظة) . هذه هي المواضيع الكبرى المحددة: التوالد او الخلق ، النمو، الغذاء. وكانت هذه المواضيع لم تناقش منذ القدم. والآن تم السعي الى اخضاعها لتجربة الميكروسكوب والتحليل التجريبي. والشيء الذي لفت النظر في هذه الحقبة، حقبة بدايات الفيزيولوجيا النباتية ، هو الرغبة في معرفة حقة لداخل النباتات ولخصائصها . وبدأ التشريح . واخذوا يستعملون كل وسائل كيمياء كانت ما تزال طفولية، وخاصة الحرق او الترميد من اجل فهم اكبر للتركيب الداخلي للنباتات. وكتاب « مذكرات تستخدم لتاريخ النباتات » المحررة من قبل د. دودار D.Dodart، بمساعدة اكاديمين اخرين فرنسيين (كلود برو Claude Perrault وماريوت

Mariotte، وبوردلين Bourdelin، وف. دولاهير Ph. de la Hire، ومارشان Marchant الخ، سنة 1676 او 1675)، هؤلاء جميعاً اثبتوا ماهية علم النبات، في انجازاته واساليبه ومشاكله ومشاريعه. وكمستند، اول ربما، حول التحليل النباتي الكيميائي، وبصورة خاصة دور هذا التحليل في خدمة التقدم في علم التصنيف، سجلت هذه النشرة مرحلة :

يقول دودار Dodart : « نبالغ كثيراً ان رفضنا الافتراضات التي يمكن استخلاصها من السمات الخاصة جداً، ونفسح المجال قليلاً الى اقامة بعض الاشكال الجديدة وبعض الانواع الجديدة..» .

ولكننا لا نحس هنا وبصورة واضحة بالارادة الفيزيولوجية التي نجدها في احدى « محاولات » ماريوت Mariotte بعد عدة سنوات . الواقع، وقد اشرنا الى ذلك كثيراً كانت الاعمال الاولى للفيزيولوجيا النباتية التجريبية قد قامت بفضل ج. ب. فان هلمونت J. – B. Van Helmont، ووصفت من قبله في كتابه « اورتوس مديسيناOrtus Medicinae » بعد 1648. وقد عرف فان هلمونت Van Helmont، مستوحياً بحق، نصاً لنقولا دي كوزي Nicolas de Cues (كتب حوالي 1450)، كيف يبين تجربته وفقاً لاسلوب كمي كله حداثة، وفيه تدخل الرقابة على المتغيرات .

ويمكن القول، ان نحن تجردنا من العصور القديمة (غاليان) ان فان هلمونت Van Helmont قلما سبق في هذا الطريق الا من قبل الطبيب سانتوريو، من بادو، الذي كان يطبق الاسلوب الكمي منذ بداية القرن السابع عشر . وقد استنتج فان هلمونت، ضد ارسطو الذي كان يؤمن بوجود اطعمة جاهزة في التربة، ان النباتات تستمد غذاءها من الماء (وهو أحد العناصر الأربعة عند امبيدوكل Empedocle بعد الهواء والأرض والنار، التي تشكل المادة) .

ومضت عشرون سنة قبل ان يعاد الى الموضوع . وفي سنة 1668، وبعد ست سنوات من نشر نظرية ديكارت حول الانسان الآلة، شرع فيزيائي كبير هو الكاهن ادمي ماريوت Edme Mariotte (1620؟- 1684)، في تطوير افكاره حول المسائل الكبرى في الفيزيولوجيا النباتية . وكان ماريوت Mariotte ديكارتي مؤمن بالاسس الميكانيكية في الحياة . وسوف يقدم في سنة 1679 افضل كتاب عن الفيزيولوجيا النباتية في القرن السابع عشر . وظل هذا الكتاب اساسياً حتى صدور كتاب : « ستاتيكال اكسبريمنت Statical Experiments » لستيفن هال (1727) Stephen Hales : وقد دمج هذا الكتاب في كتاب محاولات حول الفيزيك (وفيه ثلاث) او مذكرات لخدمة العلم بالاشياء الطبيعية . وكان عنوان الكتاب دالاً عليه : محاولة « زرع النباتات » تعالج بكفاءة غير مسبوقة مسائل صعود النسغ والغذاء المعدني والنمو . ودرس ماريوت وهو مقتنع بالطبيعة الفيزيائية في الحياة، درس هذه الحياة مثل خصائص الهواء والحرارة . وهو كفيزيائي رفض ارسطو ودعا الى تصور للخلق المفاجىء . لا توجد نفس نباتية، ولا يوجد ايضاً سبق تكوين للنبتة في البذار كما يعتقد مالبيجيMalpighi . ونجد عند ماريوت Mariotte العناصر الاولى لنظرية ذرية حول الخلق وحول النمو وهي امور عاد اليها موبرتوي Maupertuis وبوفون Buffon ثم دارون Darwin .

وفيما خص التغذية المعدنية وضعت مبادؤها بصورة واضحة وبعبارات واثقة. فالنار كعنصر، مستبعدة. كتب ماريوت يقول : « اعتقد ان النار مؤلفه من نفس العناصر التي تكون المواد الملتهبة ». ولا يأخذ ماريوت الا بالارض والماء والهواء. ان النبتة تستمد من التربة « المبادىء الكبيرة والمنظورة »، وهذا ما نسميه بالعناصر المباشرة : وهي تتكون من نماذج العناصر الابسط ، الناتجة عن اتحاد العناصر النهائية التي لا يستطيع اي « تخايل ان يراها ». ونعثر بالفعل بالنباتات ، على المبادىء المكتشفة في الارض . وسنداً لماريوت تتكون هذه المبادىء انطلاقاً من ذرات الهواء المعرضة لتأثير البروق . وبعد ذوبانها في الماء تنتقل الى الارض حيث تمتصها الزغبات الماصة في الجذور ويحملها النسغ . وقد جرت تجارب منها التطعيم مثلاً فدلت على ان النباتات بذاتها هي التي تستخدم بحسب انواعها العناصر الكيميائية الاولية وهي التي تصنع المادة الملائمة لها : ان الغذاء لا يكون مصنوعاً بصورة مسبقة ، وكذلك النطفة . ان كل نوع نباتي هو آلة خاصة تستخلص وتركب مادتها الخاصة .

ولكن كيف تشتغل هذه الآلة ؟. لم يكن ماريوت Mariotte بهذا الشأن موهوباً مثل مالبيجي Malpighi الذي اعطى للورقة دورها كعضو اساسي في التغذية . وقد لاحظ ضغط النسغ وعرف وجود نوعين من النسغ ولكنه قلما فهم الظاهرات كما فعل بيرو Cl. Perrault (1613 – 1688) الذي اشتهر في سنة (1668) عندما تخيل نظرية دورة حقة شبيهة بدورة دم الحيوانات. ويجب ان يسجل لصالح ماريوت انه لاحظ اهمية عامل النور، وانه رسم علم بيئة نباتية، وذلك عندما لاحظ بذكاء عدداً من الاحداث المتعلقة بتكيف الانواع، وبدور الندى، الخ .

وكانت نظرة مالبيجي هي الاصح ، بعد ان جرَّ الى فكرته حول الورقة بالملاحظة العقلانية للنطفة ، وكانت نظرته يومئذ صائبة حول ما سمي فيما بعد دورة النسغ. وكان يرى وجود حركة في الجذر تنزع نحو الاعلى من الشجرة، وحركة اخرى تنطلق من الاوراق نحو الاعضاء الاخرى. ولكنه للاسف غفل عن دور الاوعية حين شبهها بالقصبة الهوائية عند النباتات .

وقد وجدت في القرن السابع عشر ملاحظات كثيرة مهمة جداً تتعلق بالفيزيولوجيا كان لا بد من جمعها يوماً ما. وبين الايطالي ج. اروماتاري G.Aromatari في كتابه « جينراسيوني بلانتاروم De Generatione Plantarum » (1625) ان النطفة لم تكن الا نبتة مصغرة، وشبه المواد الاحتياطية مثل الزيت والاليرون (مادة في بزر النباتات) شبهها بالزلال في الحيوانات.

ودرس العديد من العلماء حركة النباتات . ولاحظ بورلي Borelli وآ. كاميراريوس A. Camerarius تهيج السداة (عضو الذكورة في النبتة لدى نبات القطاني) في حين ان هوك Hooke تعلق بدراسة أناتوميا وفيزيولوجيا أوراق الميموزابيديكا .

اعطى ج. ري J.Ray في كتابه « تاريخ النبات » مكانة مهمة لحركات الاوراق، والازهار، وللسدات (.اعضاء الذكورة في الزهرة) ؛ودرس منهجياً ردات الفعل تجاه الحفز، حفز اوراق البقول، وحاول ان يفسر هذه الظاهرات بالوجود المحتمل الاشكالي لتوتر ميكانيكي في الانسجة، يتغير مع

الحرارة. وحقق جان كورنوت J.Cournut من جهته، ابحاثاً مفيدة حول تفتح الزهر بحسب درجة الحرارة، ودرس الحركات الدورية لاوراق الروبينية، ظاهرة كان لِنّي Linné سماها نوم النباتات.

وفي سنة 1660 نشر روبرت شاروك Robert Sharrock تجاربه حول انحناء الجذع باتجاه الضوء . وفي سنة 1700 عاد دورار الى هذه التجارب، وعممها وتفحص بشكل اخص مفعول الجاذبية الارضية على نمو الجذور والاغصان موضحاً بالتالي فكرة الانجذاب نحو الارض .

بنية النباتات ـ اتاح اختراع الميكروسكوب المركب وتحسين الميكروسكوب البسيط اجراء الاعمال الاولى حول التركيب الداخلي للنباتات ، والاكتشافات الاولى المتعلقة بالاجسام غير المنظورة بصورة طبيعية

وتكون التشريح النباتي بعد الجهود المتناوبة تقريباً التي قام بها علماء من ذات الصنف من العظمة : كان هناك عالمان ميكروغرافيان، الفيزيائي الانكليزي روبر هوك Robert Hooke (1635 – 1703) ثم العصامي الهولندي انطوني فان ليونهوك Antony Van Leeuwenhoek (1632 – 1723)، وطبيبان مارسيل مالبيجي (1628 – 1694) Marcello Malpighi، ثم نهيميا غرو Nehemiah Grew (1641-1712). عند هوك الذي نشر كتاب الميكروغرافيا 1665 كما عند ليونهوك Leewenhoek الذي عرف بأعماله بشكل رسائل أرسلها الى الجمعية الملكية ، وبعد 1673 اكتمل العلم المعني بشكل مدهش ، إنما ممزوج بعلوم أخرى . ودون أن يعرف نفسه كعلم . ويعود الى هوك الفضل في نشر الملاحظات الأولى (قبل مالبيجي بعدة سنوات) حول النسيج الخلوي ، وبالمناسبة الفلين المتكون من خلايا صغيرة تقتصر على قشرتها ؛ وانه قدم الدراسات الأولى عن أشياء متنوعة : بذور ، بوغات [جسم صغير في الفطر وظيفته احداث التناسل اللاشقي] الفطور الدنيا ، الطحلب البحري ، والأخشاب المهترئة الخ .

وصوره للطحالب المكبرة جدا ، ملفتة بشكل خاص . أما ليونهوك Leeuwenhoek من جهته، وهو اعظم ملاحظ عرف، فله الفضل في اكتشاف البروتوزوير والبكتيريا (كليفور دوبل) Clifford Dobell، فقد نشر اولى قطع الخشب، ووصف الاوعية المنقطة والمشبكة التي اشار اليها هنشو Henshaw ، كما وصف ترتيب الضمم النجبية الخشبية عند الحبوب ذات الفلقة الواحدة (مونو ـ كوتيلدون Monocotylédones) وعند ذات القطعتين [كالفاصوليا] او الفلقتين . وفي كتابه نجد اولى المراجع الدالة على وجود البلورات عند النباتات (الملاحظة في جذر ايريس فلورنتينا Iris Florentina)، ووجود الاميدون (النشاء)في بعض الطحين .

ورغم الاهمية الرئيسية في هذه الاعمال، فانه لو كان علينا ان نحدد تاريخاً لبدء التشريح النباتي ، فاننا نختار سنة 1672، السنة التي تلاقت فيها البحوث المتقارنة التي قام بها كل من مالبيجي Malpighi وغرو Grew منذ 1663 و1664، امام الجمعية الملكية. وكان هذا اللقاء حدثاً عظيماً ، لقاء هذا الكتاب الصغير غير المعروف : تشريح النبات The anatomy of vegetables begum

ومخطوط مالبيجي Malpighi، آناتوم بـلانتاروم أيـديا Anatomes plantarumidea المنشـور سنة 1675 في القسم الاول من اناتوم بلانتورم. . . Anatome plantarum . . هذه المؤلفات ـ بفعل وحدة مسارها الاجمالي، ورغبة في ابراز قيمتها، مضافة الى توافق غريب في الحركات زمانياً ومكانياً ـ تدل تماماً عن وعي جديد للغاية. فمنذ 1654، اشار فرنسيس غليسون Francis Glisson، في كلمة حفظها غرو Grew، الى الاهمية المحتملة لتجاوز التشريح الحيواني من اجل الوصول الى تشريح عام ومقارن. ان هذه الرغبة بالذات في علم يتناول بنيـة كل الكـائنات الحيـة نجـــدها عند غـرو Grew وعند مالبيجي Malpighi، اللذين انطلقا من التشريح الحيواني. ان هذا العلم لا يمكن ان يكون من فعل الميكروغراف مهما كانوا عظيمين وملهمين حسب طريقتهم . في سنة 1682، ظهر العمل الكبير، عمل غرو : « اناتوميا النباتات » The anatomy of plants؛ لقد نشر القسم الثاني من اناتوميا بلانتاروم Anatome plantarum لمالبيجي Malpighi سنة 1679 . وفجأة بعد 1672 و1682 تلقت الاناتوميـا [التشريح] النباتية اسمها بصورة رسمية : وهي ما تزال قائمة حتى اليوم .

ان تقـديمات مـالبيجي متعددة : اكتشـاف الاوعية الحلزونيـة (1663)، الاجهـزة المصـاصـة، الانسجة الحلابة، ونقطات القصيبات او المجاري الشعرية في خشب الإشجار الصنوبرية، الخ . ومنها الاعمال الاولى المهمة حول الجرب بانواعـه؛ الاوصاف التي تتنـاول انسجة اللحـاءات والاخشاب. وبصورة خاصة الدراسات الاساسية حول النمو، وبصورة خاصة بنية البذور واستنباتها ، وما نتج عنها من فصل وتقسيم النباتات ذات الزهر الى فئتين: وحيدة الحبة او الفلقة ومزدوجة الفلقة .

وقدم مالبيجي ايضاً تقديمات من نوع آخر. واذا كانت تدرج في سلبيات العلم، فـان التفكير المعارفي يتمسك بها ويهتم بها : انها بالذات النواقص (مثل الفكرة بسبق التكوين داخل البيضة) او مجرد القصور ما نجده في منقلب كل اكتشاف عظيم .

لماذا شبهت الاوعية المدورة ، التي لحظ وجودها في جزء من خشب الكستناء بالقصبات الهوائية في الحشـرات ، ونظر اليهـا وكأنها « انـابيب » هواء مخصصـة للتنفس ؟ ولماذا لم يفتش، في الانسجـة الحيوانية ، عن القُرَيْبات (أو خلايا هوك Hooke) التي تشكل الأنسجة النباتيـة والموصـوفة بـأنها ملتحمة فيها بمادة يمكن تذويبها بالغليان ؟ .

الجواب يبدو بسيطاً . في الحالة الاولى، المقارنة تتناول وظيفة معروفة وغير مفهومة بمجملها : من هنا ، وبآنٍ واحدٍ ، الاهتمـام بها والخطأ في الحكم بشـأنها .وعلى العمـوم، ان المشابهـات الوظيفيـة (مجال التنفس والدورة الدموية ، والتناسل) هي التي ادت الى البحث عن المقارنات البنيويـة. لهذه الأسباب لم يحاول الدارس للانسجة مالبيجي (وهو مكتشف الشعيريات) ان يبحث عن « القُرَيْبات » عند الحيوانات (حيث ملاحظتها تبدو أصعب) .

وكان لا بد من انتظار قرن ونصف وتطور الافكار تطوراً كافياً حول التوالد والنمو الى ان تجمعت الظروف الضرورية من اجل صياغة النظرية الخلوية .

ولم يكن تأليف غرو Grew في التشريح النباتي اقل اهمية من تأليف مالبيجي Malpighi. واذا كان غرو Grew قد بدا اقل اهمية من هذا الاخير فيما يتعلق بتصور الطبيعة الخلوية للانسجة، فان ذلك لا ينفي عنه أن يكون صاحب عدد كبير من الملاحظات الجديدة المتعلقة بعلم الأشكال، والتي تتناول ترتيب وشكل وبنية كل اجزاء النبتة : الجذر، الجذع، الورقة، الزهرة (فقد كان اول من صور حبوب اللقاح او الطلع) والثمرة والحبة (فقد ميز بوضوح بين حبات السويداء « البومين الثمرة »)، ثم البراعم. كما انه افتتح بشكل خاص نهج تقديم قطع الخشب، بحسب الاوجه الثلاثة : العرضي والنصف قطري والمماسي او الإعتراضي (المنحرف) وادرك مبدأ عمل المنطقة القلبية، وعرف كيف يكتشف موقعها بين الخشب واللحاء . ومن ميزاته ايضاً العظيمة، انه اكتشف اعضاء الذكورة في النبات وميزها .

كاميراريوس Camerarius والشقية النباتية ـ يعود الفضل في اول تبيين للشقية النباتية (الجنس) الى الالماني رودولف ج. كاميراريوس (1665 – 1721) Rudolph J.Camerarius. قبله، ومنذ العصور القديمة كانت الفكرة معروفة. وفي بعض الاحيان جرت تجارب. ورغم ذلك بقيت الامور حتى غرو Grew (وحتى توماس ميلنغتون Th. Millington) سنة 1682، مقصورة على الوقائع المعزولة المفردة وبدون نتائج بعيدة المدى. وانطلاقاً من هذا التاريخ تغير شيء ما. فبعد –(1686-1688) تبنى جون ري John Ray الاراء التي اعلن عنها مواطنه العظيم. وبعد ذلك بقليل، وبالاتفاق مع غرو Grew، اخذ القيِّم العام للبستان النباتي في أوكسفورد، جاكوب بوبار Jacob Bobart، يجري تجارب على نباتات ذات « جنس » منفصل، (ليشنيس ديواكا Lychnis dioica). وفي سنة 1691 نشر اليسوعي الايطالي ف. بيوناني F.Buonanni لوحات تمثل حبوباً لقاحية ملتصقة بالشقوق في نبتة اسمها غيموف Guimauve ونبتة اسماها فاليريان Valériane .

وها نحن في سنة 1694 : وضع كاميراريوس Camerarius في رسالة شهيرة (ابيستولا دي سكسو بلانتاروم Epistola de sexu plantarum) ان الزهرة تحمل اعضاءً تناسلية ، وان هذه الاعضاء يمكن ان تنفصل فوق نبتات مختلفة (شجرة توت، شجرة حلبوب) او يمكن ان تجتمع في نفس النبتة (خروع، ذرة)، وان تعاون « الاجناس » ضروري لانتاج الحبوب الخصبة .

ووضعت اعمال كاميراريوس، اضافة الى أعمال الفيزيولوجيين والمشرحين، اسس نظرية عامة؛ هي هنا نظرية الشقية الجنسية كوظيفة مشتركة بين الحيوان والنبات. ومرة اخرى ايضاً كانت الانطلاقة من فرضية تقول بالمماثلة الوظيفية . وفي هذا المجال من التوالد، حيث كانت العوائق اقل تقنية مما هي مفاهيمية، تم الذهاب الى ابعد مما تسنى في المجالات الاخرى: لقد اكتشفت الوظيفة وعرفت الاعضاء (الخارجية على الاقل) .

نقول ايضاً انه مع بوبار Bobart، وخاصة مع كاميراريوس Camerarius، كانت الطريقة التجريبية قد دخلت في بيولوجيا التوالد، وبفضل مساعدة الميكروسكوب في هذا المجال، فتحت هذه

الطريقة السبيل الذي سوف يكون المميز بخلال القرن الثامن عشر .

التصنيــف ـ ان علم النبات (بوتانيك)، بشكل منهجي وشامل، كما هو ماثل من مجمل اعمال المصنفين الكبار، في النصف الثاني من القرن 17 وهم : ر. موريسون R.Morison، وج. ري J.RAY، وتورنفور Tournefort، وريفينوس Rivinus، وماغنول Magnol، قد تأثر الى حد بعيد باعمال جونغ Jung، الذي تكلمنا عنه سابقاً ، وبكولونا. وفيه نجد مبادىء اساسية معلنة او مطبقة متأتية من اعمال جونغ Jung بخط مستقيم : من جهة، العودة الى الزهرة والثمرة ، والبذرة ، وليس الى الورقة من اجل معرفة تقارب النباتات فيما بينها (انواع ومجموعات عليا) ؛ ومن جهة اخرى، العودة الى الترك ـ حل اعتمده الالماني ريفينوس Rivinus (= آ. باشمان A Bachmann 1723 – 1652) ـ فيما خص تقسيم النباتات القديم الى اشجار واعشاب.

وبشكل خاص، موريسون Morison ـ الذي لا يعترف باي دين، ويزعم انه استمد طريقته من ملاحظة الطبيعة وحدها ـ ثمّ تورنفور Tournefort، يدينان بالشيء الكثير الى الايطالي فابيو كولونا Fabio Colonna (1567 – 1650).

كتب كولونا Colonna يقول في « إكفرازيس Ekphrasis » ، «وان تقارب النباتات يتم، سنداً للزهرة وكأس (كرسي) البذرة بل والبذرة بالذات ». نصيحة معلم ، من منشأ غسنري ، تدل بوضوح على ولادة مبدأ التبعية في الصفات. ويعزى الى كولونا ايضاً انه امسك بالفرق الموجود بين الاوراق الحقة، والاوراق ـ الزهرية التي اقترح تسميتها بكلمة بيتال Petale (= تويجية ـ بتلة) ، وهي كلمة استعادها ري Ray سنة 1682 وادخلها نهائياً في اللاتينية النباتية[أصل الكلمة يونانية بيتال]. (راجع و.ت ستيرن W.T.Stearn ، بوتانيكل لاتين Botanical Latin 1966).

ولم يكن لجونغ Jung وكولونا Colonna تأثير إلا بعد موتهما. ومع الاسكتلندي موريسن Ecossais Morison ومع ري Ray ندخل بصورة مباشرة مع علم النبات الحديث. كان روبير موريسن Robert Morison (1620 – 1683) الاول الذي حاول تطبيق طريقة سيزالبينو Cesalpino وتصنيف النباتات بحسب الشكل وبنية الثمرة. وبعد 1672، وفي دراسة ملحوظة حول الصيوانيات، صاغ مفهومه ونفذه على هذه الاسرة المختارة بشكل خاص. ولكن مبادىء نظامه لم توسع الا في مقالة بعد وفاته، نشرت مغفلة من الاسم (وربما تعود الى بوبار Bobart)، سنة 1720، من الناحية العملية، لا يدل تصنيف موريسن Morison، كما ظهر في (بلانتارم هيستوريا -Plantarum historia universa lis.... 1680) على تقدم ملحوظ ، الا انه كان مفيداً جداً، ومنه انطلق ري Ray. كان جون ري John Ray (1627 – 1705) قد نشر سنة 1660 جدولاً بالنباتات التي جمعت من جوار كمبريدج. وبعدها قام بعدة رحلات، عبر بريطانيا (1660 – 1663) ثم (1663 – 1666) مع العالم في الحيوانات ويلوفبي Willoughby، عبر اوروبا، كان ري Ray عالماً طبيعياً كاملاً ، بآنٍ واحدٍ حيوانياً وجيولوجياً ونباتياً وحتى فيزيولوجياً .

ودلت الاعمال حول دورة النسغ في الاشجار (1669) على مدى اتساع اهتماماته. لقد كان عالماً يهتم بالمعلومات ويترصد البحوث الجارية. وعلى العموم عزي اليه الاسبقية سنة (1674) في اكتشاف بنيتين للمحية: الحبة ذات الورقتين وغيرها. والواقع انه عرف مخطوطة مالبيجي التي وصلت الى لندن سنة 1672. وميزة راي Ray انه لم يكتف ـ فقط بملاحظة السمات التي اشار اليها مالبيجي وانه زاد في انتشارها، وانه اخيراً ادرك اهميتها التصنيفية: في سنة 1682 اطلق الكلمات التي ظلت تعتبر كلاسيكية وهما وحيدة الفلقة ومزدوجة الفلقة، كما انه في سنة 1703 ادخل هذه الكلمات في كتابه (ميتودوس بلنتاروم Methodus Plantarum). وجعلها ضمن تصنيفه للنباتات العشبية. لقد كان في هذا خطوه عظيمة الى الامام. فقد كان من الضروري مرور اكثر من 20 سنة حتى يصبح الاكتشاف مطبقاً بصورة منهجية.

وقد نشر الاسقف ج. ولكن J.Wilkins، في كتابه «الصفات الحقة» سنة 1668، جداول شاملة جامعة للنباتات التي وضعها راي Ray. ولكن ري Ray في كتابه «بلنتاروم ميتودوس نوفا Plantarum methodus nova» لسنة 1682 وخاصة في كتابه «تاريخ النباتات العام Historia Plantarum generalis» 1686 ـ 1704، حيث وصف 18699 نبتة، وسع اطار مفهومه. كان راي Ray تلميذاً لسيزالبينو Cesalpino ولجونغ Jung ومشى ضمن خط موريسون Morison: ان المعايير المأخوذة من الزهرة ومن الثمرة ومن البزرة اعطت بين يديه نتائج ممتازة. وبواسطة ري Ray اكثر من تورنفور Tournefort نزعت المنهجية نحو مستوى العلم العالي الحق المضمون المستقبل. وقد تغذي من غرو Grew ومالبيجي Malpighi، وهو بذاته فيزيولوجي، فكان اول ممنهج فهم حق الفهم معنى الزهرة وبنيتها، وهو ايضاً الذي اوحى بتعريف للنوع مرتكز على التوالد. وكان مرجعه الأخير الواقعة أنّه عدا عن بعض التغيّرات (التي تعزى الى الفرد أو الى البيئة)، يكرر النوع نفسه بنفسه.

ومع اعتقاده، مثل كل علماء الطبيعة في عصره، بثبوتية الانواع، لاحظ ري Ray بان البذور يمكن ان تتراجع وتصفف وتولد بنبتات مختلفة عن الابوين: وسمي هذا بالتحول النوعي. هذه المقولات المتنوعة والمهمة جعلت من جون ري John Ray واحداً من أعظم علماء الطبيعة في كل العصور.

وكان بيار ماغنول (1638 ـ 1715) Pierre Magnol، قد استلهم تصنيفاً طبيعياً للنباتات عند مستوى مرتفع، وبين في سنة 1689 ان النباتات يمكن ان تجمع، سنداً للتشابه بينها، ضمن اسر طبيعية تشبه الاسر البشرية او الحيوانية ولكن النظام الذي اقترحه المرتكز فقط على الكأس، كان في الواقع اصطناعياً جداً.

وكان لري Ray زميل فرنسي هو جوزيف بيتون Joseph Pitton الشهير بتورنفور Tournefort (1656 ـ 1708). وكان مغرماً بعلم النبات منذ طفولته، فأخذ يهتم بالاعشاب في جوار مونبيليه وفي جبال الالب جامعاً العناصر الاولى لمعشبته الشهيرة، التي هي احدى ثروات ميزيوم باريس. والنبتات

الجديدة التي جلبها أثناء رحلته الجديدة في جبال البيرينه الوسطى وفي كتالوني Catalogne اعطته شهرة براقة .

وفي سنة 1683 استقال فاغون Fagon لصالح تورنفور Tournefort ، كأستاذ في بستان الملك وكانت دروس تورنفور وتعشيباته قد جلبت له جمهوراً ضخماً . واستمر في رحلاته النباتية ، فذهب إلى اسبانيا والبرتغال وانكلترا وهولندا . وفي سنة 1694 أخرج كتابه الأول عناصر البوتانيك في ثلاثة مجلدات مزينة بـ 451 لوحة رسمها له الرسام اوبريه . هذا الكتاب الذي ترجمه إلى اللاتينية سنة 1700 تحت عنوان « انستيتوسيون ري هرباريا Institutiones rei herbariae » كان مؤلفاً رئيسياً في تاريخ علم النبات . إذ فهم تورنفور Tournefort كل الجدوى التي يمكن أخذها من شكل ومن ترتيب الوريقات التويجية والازدهار . وكان أول من ميز العديمة التويج والوحيدة التويج والمتعددة التويجات . ثم مرتكزاً على القاعدة بأن الأزهار منتظمة وغير منتظمة ومركبة ، صنفها الى 22 أسرة . وكان لأسلوب تورنفور نجاح ضخم . فقد كان ما أراد له مؤلفه أن يكون : بسيطاً واضحاً وعملياً . وكانت منهجيته أقل طموحاً من منهجية ري Ray . فقد أرادها أن تكون قوية قبل كل شيء ، والشيء الذي يجب حفظه ، وهو أنه أي تورنفور كان بعكس ما كتب عنه فونتنيل Fontenelle ، حيث جهد بإيجاز تصنيف طبيعي . وكان كممنهج ، مقتنعاً بإمكانية المعرفة الموضوعية : « فالأشكال تنوجد مستقلة عن المصنف وهي تتميز بصفتها المشتركة لدى كل من أنواعها ، صفة نستخدمها كدليل لكي نرتبها ضمن مكانها الطبيعي » . وإذا لم يكن تورنفور هو حقاً خالق مفهوم الشكل فقد كان له فضل تبين أهميته وتعميم استعماله وتوضيح صفاته . فضلاً عن ذلك أن أشكاله قد حفظت كلها تقريباً من قبل ليني Linné وكذلك غالبية أسره : الفصيلة الشفوية ، وعديدة التويجات والصيوانيات والزنبقيات وكلها طبيعية تماماً .

ونضيف اخيراً انه ميز بعناية بين الانواع والمنوعات. وهذه المفاهيم استعيدت واستكملت بعد رحلته الشهيرة الى الشرق (1700 – 1702) في كتابه « كورولاريوم . . . . اورباريا » (1703) وهو ملحق لكتاب انستيتوسيون، اضاف فيه 1356 نبتة جديدة. وبعد موت تورنفور سنة 1717 نشرت « رحلته » الى الشرق، وهو كتاب ترجم الى عدة لغات. وكتب عنه الاب غيرال PGuiral فقال : « كل شيء مرتبط بفضل تورنفور : سهولة الاسلوب وفضول العالم وامانه الاستقصاء وخفة الروح » .

واشتهر في القرن السابع عشر علماء نبات اخرون مثل الانكليزي ل. بلوكنت L. Pluknet (1642 – 1702) والطبيب الالماني ب. هرمن 1640 – 1695 P.Hermann وكريستوف نوت 1638 – 1694 Christoph Knaut، ولكنهم ظلوا بعيدين وراء الرجال الكبار الذين تكلمنا عنهم .

النباتات ـ بعد المنهجية اصبحت النباتات شغل العديد من الاعمال وبصورة خاصة في فرنسا. في سنة 1635 أصدر الطبيب الباريسي كتاباً كان الاول عن ازهار ضواحي باريس. وصف فيه 462 نبتة مع مواقعها . ودرس غاريديل Garidel نباتات بروفانس Provence . وقام الاب باريليه P.Barre-lier (1606 – 1673) باستكشاف البروفنسا ولونغ دوك واسبانيا وايطاليا . ومخطوطة التاريخ العام

للنبات الذي اعده احترق ولكن لوحاته انقذت ونشرت من قبل آ. جوسيو (1714) A. de Jussieu وفيها مئة نوع جديد.

ولكن سبستيان فايـان (1722 – 1669) Sebastien Vaillant .سكرتير فاغـون Fagon ثم استاذ في الجنينة الملكية في باريس هو الذي عرف، في كتابه نباتات باريس حيث عـدد وفقاً للترتيب الابجدي النباتات الموجودة حول باريس، وكان الكتاب مزيناً بـ 300 صورة رسمها اوبريه وفايان هذا هو الذي عرف بنباتات هذه المنطقة بما فيها كريبتوغام. واشتغل بهذا الكتاب 36 سنة، وامن طباعته بورهاف Boerhaave في سنة 1723. وحفظت معشبته في الموزيوم.

ونشر تورنفور سنة 1698 تاريخاً للنباتات التي تولد في ضـواحي باريس، وهو كتاب ما يزال ثميناً من جهة تعيين الاماكن التي زالت منذ زمن بعيد. وحقق برنـار جوسيـو Bernard de Jussieu هذا الكتاب واعاد نشره سنة 1725.

وقدم ماغنول Magnol سنة 1676 كتاباً عن نباتات منطقة مونبلييه وفي سنـة 1689 نشر كتابـه الرئيسي « برودرومـوس Prodromus هيستوريـا جنراليس بلنتـاروم » حيث صنفت النباتـات في 76 جدولاً وميزت بصفتين او ثلاث صفات : محاولة اولى للتحديد السهل للنباتات. اما المعشبة المأخوذة من جملة بلدان اوروبية، والتي وضعها ج. برسر J.Burser فقد اعطيت ل.ج.بوهيم J.Bauhim. وجدوله نشر جزئياً سنة 1724. اما نباتات المانيا فـدرست من قبل ل.جنجـرمن L.Jungermann، وم. هوفمان M. Hoffman وابنه (نباتات الدورف وجيسن) وج. لوزل J.Losel وج. غوتشد J. Gottsched . (نباتات بروسيا) وفولكامر Volkhamer (نباتات نورمبرغ) ؛ ونباتات هولندا من قبل ج. كوملين J. Commelin .

وزيادة على اعمال جون ري J.Ray، سواء فيما يتعلق بالجغرافيا النباتية في اوروبا كما فيما يتعلق بنباتات بريطانيا ، يتوجب ذكر « فيتولـوجيا بـريتانيكـا » لـ و.هوو W. How الـذي ذكر 2220 نبتـة و« سكوتيا اليستـراتا » لـ ر.سيبـالد R.Sibbald ووصف اولـوف رودبك Olof Rudbeck الصغـير (1660 – 1740)، وهو أحد أساتذة ليني Linné، وصف نباتات لابونيا Laponie في حين ان نباتات سبتيتـز برغ Spitzberg وغرونلد Groenland درسها فرنسوا مارتن Fr.Martin ونباتات الـدانمارك درسها س. بولي S.Paulli الذي استعمل، كلمة فلورا للدلالة على كتاب. اما نباتات ايطاليا فكانت موضوع لعدة دراسات: نباتات صقلية درست على التوالي من قبل الاب كاستيلي P.Castelli ومن قبل بـونسي غليولي Bonsiglioli ومن قبـل الاب بوكـوني (1633 – 1704) P.Boccone. ووسع هـذا الاخير جدوله فشمل كورسيكا ومالطه والبيمونت وفرنسا والمانيا. فضلاً عن ذلك نشر ف. كوباني سنة 1692 جدولاً بالنباتات ونشر ج. غريسلي في سنة 1661 اول دراسة عن نباتات البرتغال.

اما النباتات الدنيا فاخذت تُبحث. نذكر منها في فرنسا اعمال عائلة مارشان Marchant. وكان نيقولا مارشان Nicolas Marchant طبيب غاستـون دورليون Gaston d'Orléans، فقـدم ابنه الى

الامير مجموعة من النباتات الكبدية سماها المارشنتيا. وكان نيقولا Nicolas هـذا واحداً من المؤلفـين الرئيسين لكتاب اوصاف النباتات الذي نشرته الاكاديمية سنة 1676 . ونشر ابنه جان Jean وكان مديراً لمصالح الزراعة في البساتين الملكية، مذكرات عديـدة حول العشيبيات « موسي ». ونشـير اخيراً الى الايطالي ف. كافاليني F.Cavallini الذي درس نباتات مالطة ، واصـدر ايضاً كتـاباً عن عشيبيـات كورسيكا .

نباتات بلاد ما وراء البحار ـ تقدمت دراسة نباتـات البلدان البعيدة تقـدماً كبيـراً. بخلال القرن 17 . وقد ساهم علماء النباتات الفرنسيون، وبصورة خاصة، رجال الدين والبحارة، بقسم وافر فيها، يدعمهم فاغون Fagon الطبيب الاول لدى لويس 14، الذي كان صديقهم الوفي، واضعاً تحت تصرفهم ماله من حظوة كبيرة في البلاط . وهـو ، بصورة خـاصة، الـذي سمح لبلوميـه، ثم لفيِّيه بالذهاب الى اميركا، ولتورنفور في زيارة الشرق .

وقد سبق لـ ج. كورنوت J.Cornut 1635، ان وصف 79 نبتة من كندا، سنداً لعينات لوحظت في جنـائن الأخوة روبـين Robin، ومن بينها «الـروبينيا». ونشر فسبـاسيان روبـين Vespasien Robin (1579 – 1662)، بعد ان زار شواطيء البـرابرة، ووصف عـدة اصناف، تـاريخاً للنبـاتات (1620) الجديدة التي عثر عليها في جزيرة فيرجينيا، التي زارها ايضاً ج. بانيستر J.Banister الذي وضع عنها « كتـاب نباتـات » نشر فيها بعـد من بتيفـر Petiver. وقـدم الصيـدلي الانكليـزي ت. جـونسـون T.Johnson، سنة 1634، لائحة بالنباتات في هذه المنـطقة التي اخـذ منها جـون ترادسكـان John Tradescant العديد من الغرسات التي عرَّفها وأشهرها (1656). وكان الاستقصاء الواسع ـ الذي قام به بين سنة 1571 و1577 فرانسيسكو هرنـانديـز Francisco Hernandez (1514 ؟ – 1578) لجمع النباتات الصيدلانية التقليدية في المكسيك، ـ موضوع العديد من النشرات، التي كانت للاسف غـير كافية على الاطلاق (ف. زيمنزF.Ximenez ، مكسيكو 1615؛ ن. آ. ريشي N.A.Recchi، رومـا 1628، ف. سيـبي F. Cesi ، روما 1651). ولكن الأب الصغير ش. بلوميه C. Plumier (1646-1706) ، بصورة خاصة هو الذي أخذ يعرِّف بالنباتات الاميركية . فبعد أن عشب في فرنسا مع تورنفور Tournefort وغاريدل Garidel ، ذهب الى جزر الانتيل ، سنة 1689 ، مع الطبيب سوريان Surian ، المكلف بشكل خاص ، بتحليل النباتات المعثور عليها ، من أجل استخدامها طبياً عند اللزوم . وأنجز الرجلان المهمة بعد 18 شهراً . ونشر سوريان جدولاً بالنباتات والأدوية الحاصلة . وسرعان ما قام الأب بلوميه P. Plumier برحلة جديدة الى أميركا ، وهو يحمل لقب « نباتي » الملك . وبعد عودته ، نشر ، في سنة 1693 ، كتابه « وصف نباتات أميركا » ، وفيه وصفت الأصناف ، التي كانت حتى ذلك الحين تحمل أسماء لاتينية ، مع تعيين أماكنها أو مواقعها وخصائصها . وكانت رسومها أمينة ، وأطرها نسخت عن النبتة بالذات .

وبخلال رحلة جديدة، زار بلوميه Plumier غواديلوب والمارتينيك وسان دومنغ، مما اتاح له سنة 1703 ان يصف 106 اصناف جديـدة قدمهـا الى اشهر النبـاتيين في عصـره. ونشر بلوميه Plumier

ايضاً ، سنة 1705، كتاباً موسعاً ومهماً عن بقول اميركا «.فوجير داميريك ».

وارسل الاب الدومينيكي ج .ب .دو ترتر (1610 – 1687) J.B.du Tertre، وبناء لطلب ريشليو Richelieu، الى جزر الانتيل حيث مكث من 1640 لغاية 1656. ويعتبر كتابه « التاريخ العام للانتيل» مهماً من ناحية علم النبات التطبيقي. وفي مذكراتها عن مكوثها في البرازيل،من سنة 1612 الى 1614 وصف كلود دابفيل Claude d'Abbeville وايف ايفرو Yves d'Evreux حوالي اربعين شجرة. ومن هذا البلد بالذات استورد ج. ماركغراف G.Marcgrav وو. بيزو W.Piso استعمال عرق الذهب [جذر مقيء] (ايكاكوانها Ipécacuanha) كما استورد بذات الوقت عناصر كتابها : « التاريخ الطبيعي للبرازيل (1648) » .

ونشر الصيدلي الهولندي او. كلوت O.Cluyt الذي زار شواطىء افريقيا الشمالية « فن توظيب وارسال الاشجار والنباتات والاثمار والبذور، الى اماكن بعيدة »، في حين قطف الاب هرمان P.Hermann نبتات عديدة من منطقة رأس الرجاء الصالح، وج. كوننغهام J.Cunningham من جزيرة الاسانسيون. واستخرج فلاكور Flacourt، اثناء مكوثه في مدغشقر، كمدير عام لشركة الشرق، في سنة 1658، عناصر تاريخ ، اغناه بالعديد من رسوم النباتات وبوصف بعض الاصناف الجديدة. ومن بينها الشجرة العجيبة المفترسة نيبنتيس Népenthès. وفي حين كان ج. ترادسكانت G.Tradescant يستكشف سنة 1620، جزر البحر المتوسط، كان ج. فسلنغ J.Vesling ينشر، سنة 1638، دراسة حول النباتات في مصر، وكان الفرنسي سبون J.Spon والانكليزي ج. وهلر G.Wheler يزوران اليونان وقسماً من آسيا الصغرى فوصفا مئة من النبتات (1677). وأسس شيرار Sherard، بعد ان اصبح قنصلاً في ازمير، احد المعشبات الاهم في ذلك الزمن. وفي سنة 1700 ذهب تورنفور Tournefort، الى الشرق مع الرسام اوبريه والنباتي الالماني غندلسهيمر Gundelsheimer وزار على التوالي كاندي Candie وجزر الارخبيل اليوناني، والقسطنطينية، وشواطىء البحر الاسود وارمينيا حيث صعد جبل ارارات، وجورجيا واسيا الصغرى.

وعرف هـ. فان ريد دراكنستين H.Van Rheede tot Draakenstein الذي زار المؤسسات الهولندية في دوموند Deux Monde، قبل ان يصبح حاكماً على مالابار بنباتات الهند في كتابه الضخم هورتوس انديكوس مالاباريكوس(12مجلداً و794نبتة، 1673-1703. وفسر ج. كوملين J.Commelin(1629-1692) القسم الثاني من هذا الكتاب ، ودرس نبتات الهند المغروسة يومئذ، في حين نشر الهولندي ج. بوندت J. de Bondt، في سنة 1642، دراسة عن النباتات الطبية في الهند. وفي سنة 1712 نشر الالماني ي. كامبفر E.Kaempfer الذي زار ايران وسيلان وخليج البنغال وسومطرة وباتافية وسيام واليابان، كتاباً يتضمن وصفاً للعديد من النباتات التي قطفها . اما دراسته الخاصة عن نباتات اليابان فلم تنشر الا سنة 1791من قبل ج. بانكس J.Banks. وكذلك المعشبة المهمة(كتاب) المجموعة في الهند الشرقية من 1670الى1677لم تنشر من قبل الطبيب الألماني الأب هرمان P.Hermann، الا في سنة 1747 من قبل ليني Linné. اما نباتات الشرق الاقصى فقد درسها هرمان

غريم Herman Grim (سيلان وجاوه)، من قبل اليسوعي البولوني م. بوام M.Boym (الصين)، ومن قبل الطبيب الالماني ا. كلير A.Cleyer (الصين واليابان)، ومن قبل س. مانتزل C. Mentzel (اليابان)، ومن قبل ج. نيوهوف J.Nieuhof الذي ارسل حصيلة عمله الى ري Ray والى بلوكنت Plukenet والى بتيفر الذين تولوا الوصف. ودرس الاب كامل P. camelli (Kamel) ، الطبيب النمساوي الذي تذكر الكاميليا باسمه ، درس نباتات مانيلا المتسلقة وارسل النباتات التي جمعها في الفليبين الى بتيفر Petiver والى ري Ray الذي نشر لائحة بها . ونشير ايضاً الى الدراسة المتازة لنباتات سوند Sonde، دراسة اعدها الالماني ج. رانف (1626 – 1707) G'Rumpf . ونشرها في سبعة مجلدات بورمن Burman بين 1741 و1750. وهذه المجموعة تتفوق من الناحية الوصفية على كتاب زيد Rheede ولكن لوحاتها اقل نوعية . واخيراً نشير الى الدراسة العامة حول النباتات الاجنبية التي قام بها مانزل C.Mentzel وج. برين J.Breyn 1678 .وهذه الدراسة الاخيرة تعتبر تحفة طباعية تصويرية .

ويمكن اعتبار الانكليزي و. دانبير (1652 – 1715) W.Dampier النموذج لهؤلاء البحارة لنباتيين في القرن السابع عشر الذين كان لعملهم اهمية كبرى.كان دانبير Dampier يتيماً ، فارسله احد اوليائه في البحر فزار كقرصان أولاً شواطىء امريكا وجزر الباسيفيك وهولندا الجديدة والهند الشرقية والتي اكتشفت حديثاً في سنة 1642 من قبل تيسمان Tasman الذي عرف بنباتاتها في سنة 1701 واقام ثلاث سنين في جاميكا مع قطاع الاخشاب وعاد اليها مع القراصنة سنة 1679 . ومن هناك ذهب الى فرجينيا سنة 1682 لكي يتركها سنة 1683. وذهب الى الصين سنة 1687 وذهب الى نونكين. وعاد الى انكلترا سنة 1691 ثم رجع الى هولندا الجديدة. وغرقت به السفينة في عودته قرب جزيرة الاسانسيون فانقذته باخرة انكليزية. هذه الحياة المضطربة جداً جعلت قراءة كتابه دورة حول العالم (1697) مشوقة للغاية وتدل تماماً على الملحمة عند هؤلاء النباتيين المغامرين الذين عرفوا الثروات الطبيعية في بلدان ما وراء البحر.

الزراعة والبستنة - هناك اسمان لعلماء النبات الفرنسيين يسيطران على الزراعة في القرن السابع عشر : اسم أوليفيه دي سير Olivier de Serres وجان لاكنتيني J. de la Quintinie . وقد أمضى دي سير (1539-1619)كل حياته في لونغدوك،في امارته برادل حيث أقام حقول تجارب، ولم تذع شهرته كشيخ للزراعة الا بعد وفاته. وكان صديقاً عظيماً للملك هنري الرابع فنشر باسمه سنة 1599 كتاباً عن فن قطف الحرير. اما كتابه مسرح الزراعة الذي صدر سنة 1600 فقد نشرت له عدة طبعات وظل لمدة قرن واكثر الكتاب المرجع لكل الزراع المتنورين. وقد اثبت المؤلف فيه ضرورة ان يعرف المرء اراضيه جيداً ، واشار الى اساليب الفلاحة والتزبيل والبذر، واساليب تشذيب الاشجار المثمرة وتطعيمها. واعطى نصائح عن كيفية انشاء بستان مثمر وكيفية غرس الاشجار وكذلك عن مهمة رب العائلة تجاه خدمه وجيرانه وعن كيفية السلوك الشريف في عزلة الريف.

ووضع ج. لا كينتيني(1626-1688) J. de la Quintinie وقد جذبته زراعة البستنة بعد زيارة

الى ايطاليا، من قبل لويس الرابع عشر على رأس الزراعات في قصر فرساي. وقد اعيد طبع كتابه مدخل الى البساتين المثمرة، الذي نشر سنة 1690 عدة مرات ، غالباً مع صور جميلة جداً ساعدت على شهرته. وفيه يثبت المؤلف كيف يقام بستان مثمر وبين، شهراً فشهراً العمليات الواجب انجازها. وبصورة خاصة عرف باسلوبه في كيفية تقليم الاشجار المثمرة تقليماً يزيد بالانتاجية زيادة عقلانية. وفيه نجد ايضاً رسماً للعديد من المعدات البستانية المعروفة في ذلك العصر، وكذلك كتاباً عن بساتين الليمون . وقد ساعد عمل لاكينتيني Quintinie على دفع البستنة الى الأمام دفعة كبرى في القرن السابع عشر.

ونشر العديد من كتب البستنة يومئذ وخاصة من قبل جاك بواسو Jacques Boyceau وب. لورامبرغ P. Lauenberg والكاهن ليجوندر L'abbé le Gendre الذي قدم معلومات عديدة حول التطعيم. نذكر ان لينوتر، البستاني الشهير عند لويس الرابع عشر في فرساي، قد زرع في تلك الحقبة العديد من البساتين على الطريقة الفرنسية، المتميزة بخرائطها الجيومترية وبسعة مناظرها. ونذكر ايضاً ، في بولونيا كتاب داندوغرافي لمؤلفه ج. جونستون J. Jonston 1662. وفي هولندا كتب علم النبات والبستنة التي وضعها آ. مونتن A. Munting وج. كوملين J. Commelin.

تطبيق علم النبات على الطب ـ قليلة هي الاعمال الاصلية حول استعمال النباتات في الطب والتي ظهرت في القرن السابع عشر : ان الكيمياء النباتية كانت في بداياتها. نشير فقط الى كتب ن. ليميري N Lemery والاب بومت P. Pomet وويدد Weded وس. دال S. Dale. التي افسحت مجالاً واسعاً للأدوية النباتية . نذكر اخيراً انه في هذه الحقبة، صدرت كتب عديدة حول رسوم النباتات، رغم الانتقادات من قبل آ. فان درسبيغل A. Van der Spiegle (1606).

البساتين الزراعية ـ ساعد تطور البساتين الزراعية كثيراً في تقدم علم النبات. فقد اقام الاخوة روبين Robin بستاناً في باريس في رأس جزيرة نوتردام. وكانت سيدات بلاط هنري الرابع تأخذ من هذا البستان نماذج ازهار من اجل التطريز. وتسهيلاً لاعمالهن نشر فاليت Vallet مطرز الملك في سنة (1601)، كتاباً اسمه « بستان الملك المسيحي المؤمن هنري الرابع » وكان الكتاب مزين بـ 75 لوحة. وادار ج. روبين J. Robin ايضاً البستان الذي اقامته كلية الطب في باريس، ونشر جدولاً به سنة (1601). واسس غي دو لابروس Guy de la Brosse، طبيب الملك لويس الثالث عشر، في سنة 1635 « البستان الملكي للنباتات الطبية » والذي اصبح فيما بعد البستان الحالي للنباتات، والذي سوف يصبح شهيراً في العالم كله. ووصف فضائل النباتات التي كانت مغروسة فيه ونشر مجموعة عنها. واقام س. فايان S. Vaillant اول خيمة فيه مع مدافىء لكي تزرع فيها نباتات البلدان الحارة. ويعزى جدول النباتات في بستان الملك الى شيرار Sherard. واقام غاستون دورليان Gaston d'Orleans، قرب بلوا بستاناً عظيماً اغناه بنبتات عديدة نادرة او حتى غير معروفة من قبل موريسون Morison الذي اعاد سنة 1669 طباعة كتاب هورتوس بليزنسيس الذي نشر سنة 1653 من قبل آ. برونيه

A.Brunyer ونذكر ايضاً جدول بستان الصيدلي الاب ريكور P. Ricort 1644، من ليل، وجدول بستان ستراسبورغ من قبل مابوس (1691) Mappus .

وفي ايطاليا البلد المختار لبساتين علم النبات وضع ج. شنك G. Sehenek جدول بستان بادو Padoue. ووضـع الاخـوة امبـروزيني Ambrosini وزانـوني Zanoni وج. ب تـريـونـفيـتي G.B.Trionfetti جـدول بولـونيا. ووضـع ت. بلوسي T.Belluci جدول بيزا وب. كـاستيـلي P. Castelli وف. كابوني F. Cuponi جدول مـينا. وقام عدة فنانين ومنهم غويدوريني Guido Reni بـتزيـين فلورم كلتـورا الـذي وضعـه ج. ب. فـراري (1633) Ferrari بـالصـور الفخمـة. ونشـر أيضـاً إلى كتاب هورتوس بوتانوغرافيا 1660 الذي وضعه و. مونتالباني O. Montalbani مؤلف كتاب تـاريخ البوتانيك الصغير 1654. ونشر ان ت. شنك Th. Schenck وضع جدولاً بالبستان النباتي لمدينة ينا 1659. وب. آمان P.Ammann جدول ليبزيغ. وآ. فان در سبيغل A.Van der Spiegel جدول ليد Leyde وج. كوملين J. Commelin جدول امـستردام. وسوترلاند جدول ادنبره الذي اسسه آ. بلفور A. Balfour سنة 1680. ونشر الطـبيب الهولنـدي هـ. مونتن H. Munting سنـة 1646 كتابه عن الازهار، ونشر س. بولي S. Paulli سنة 1653 جدولاً شاملاً عن عدة بساتـين: كوبنهـاغ اكسفورد، وباريس وبادو.

الفصل الخامس :
ولادة الجيولوجيا

ان ولادة الجيولوجيا الحقة تقع في القرن السابع عشر. فالطبيعة الحقة للمتحجرات كانت قد فهمت من قبل، سواء من قبل هيرودوتس Hérodote، أو ليونار دا فنشي Léonard de Vinci او برنارد باليسي Bernard Palissy. ولكن ملاحظاتهم وان كانت صالحة، الا انها لم تكن تختص بالجيولوجيا.

وكانت كلمة جيولوجيا تغطي في القرون الوسطى دراسة كل ما هو « ارضي ». « دنيوي » في مقابل ما هو « سماوي » « إلهي »، فتشمل بالتالي دراسة الحقوق كما تشمل دراسة المعادن. ويبدو ان الكلمة استعملت لاول مرة بمعناها الحديث سنة 1657. ضمن عنوان كتاب دانمركي لـ م. ب اسكولت M.P.Escholt « جيولوجيا نوفرجيكا » ترجم الى الانكليزية سنة 1663 من قبل دانيال كولنز Daniel Collins ويعالج الهزات الارضية والمعادن. وبعد ذلك بقليل، سنة 1690، نشر ايراسموس وورن Erasmus Warren كتاب : « جيولوجيا او رسالة في الارض قبل الطوفان ».

وعلوم الارض لم تكن الا في بداياتها، ولم يكن هناك علماء جيولوجيون. وقامت بعض الشخصيات بتوجيه البحوث في العصر التالي، مقترحة افكاراً جديدة ومتحرّرة من ارسطو. انهم فلاسفة، واطباء، وفيزيائيون ومسافرون اولئك الذين خلقوا علوم الارض، وهذا امر لم يكن يخلو من مخاطر، في الوقت الذي كانت الكنيسة قد اجبرت غاليليه على التبرؤ من « هرطقة » ان « الارض تدور حول الشمس » وحول نفسها.

في فرنسا بالتأكيد لم يكن ديكارت جيولوجياً، ولكنه نقل الرياضيات الى علم الفلك، وتجرأ واعتبر كل الظاهرات السماوية كتطبيق لقوانين الميكانيك، وافترض وحدة المادة في كل الاجسام السماوية.

وفي انكلترا اوجد روبر هنوك Robert Hooke، وهو يستعمل الميكروسكوب لدراسة المنخربات وتشريح الاخشاب المتحجرة، التشريح المقارن للنباتات المتحجرة والحية. وبدا كانه سابق طليعي للنظرية التحويلية، وكان لاكتشاف الدورة الدموية من قبل وليم هارفي William Harvey تأثير بارز على افكار المتمرسين الجدد بالجيولوجيا، الذين توصلوا الى تصور « الارض » كجسم حي له دورته المائية. في حين أن الدانمركي ستينون Sténon اخترع المفاهيم الاولى للاستراتيغرافيا، وطور اليسوعي الالماني كيرشر النظرية الاولى البلوتينية Plutoniste. وبنى ليبنيز Leibniz اخيراً، وهو يستعمل أفكار معاصريه، تاريخاً جيولوجياً للكون، وعرف النوع وأمن الاتصال مع القرن 18

فضلاً عن ذلك قام ستينون Sténon بمعالجة علم المعادن وفعل فعله وهريجن Huygens وبويس دي بوودت Boëce de Boodt، في حين اخذت تتشكل مجموعات كبرى من الاحجار ومن المتحجرات التي سبقت تشكيل المتاحف الوطنية للتاريخ الطبيعي.

التركيب الديكارتي - اعتبر اكتشاف البقع الشمسية حوالي 1610 كاحدى المقدمات الأبرز في علم الفلك الجديد. وفي سنة 1630، وفي « المصنع الجديد »، اكمل ب. كريستوف شاينر P. Christoph Scheiner الملاحظات الاولى بعد رسم خارطات للشمس، وبقعها وحركاتها مبيناً ان الشمس بالذات تخضع لتغيرات وانها تدور على نفسها. هذا الاكتشاف، الذي هو ضد ثبوتية أرسطو، شكل نقطة انطلاق علم الاستروفيزيك (فيزياء الكواكب) وفتح الطريق امام نظريات جديدة حول تاريخ الكرة الارضية.

واذا كان الحكم على غاليلي قد حمل ديكارت على رفض نشر كتابه « رسالة العالم » الا ان الفيلسوف الكبير لم يتخل عن افكاره الثورية حول تطور الكون، افكار عرضها في « خطاب المنهج » وفي « الميتيور » سنة 1637، كما في المبادىء الفلسفية (امستردام 1644، ترجمة فرنسية، باريس 1647).

وفي تأليف تركيبي، من الاجرأ، نقل ديكارت الرياضيات الى الكوسموغرافيا (علم خرائط الكون) وتجرأ واعتبر ان كل الظاهرات السماوية هي تطبيقات لقوانين الميكانيك.

كتب يقول في «خطاب المنهج»: «ابين كيف ان القسم الاكبر من هذه الفوضى يجب، سنداً لهذه القوانين، ان يترتب وان يصطف بشكل ما، من شأنه ان يجعله شبيهاً بسماواتنا. وكيف ان بعضاً من اقسامها يجب ان يكوّن الارض وبعضاً من المذنبات، وبعضاً آخر يكون شمساً وكواكب ثابتة ».

وقال في « المبادىء الفلسفية »: « ليس من الصعب الاستنتاج من كل هذا ان الارض والسماوات مصنوعة من ذات المادة ».

ويبدو ديكارت بالتالي وكأنه عبر عن اول وحدة في التشكيل المادي للكون، لكون خاضع لقوانين

الميكانيك . وهو بالتالي يعتبر الارض والكواكب الاخرى كنجوم بردت سطوحها واصبحت مغلفة بطبقة جامدة يابسة .

« هـذه الارض التي نحن عليها كانت في الماضي نجمـه . . . بحيث انها لا تختلف بشيء عن الشمس، الا انها اصغر» (مبادىء الفلسفة) .

ان فكرة السيولة الاساسية، التي اعتمدها نيوتن، خدمته بعد اربعين سنة، سنة 1687 لحساب «تسطح المفلطح الكروي» الارضي سنداً لسرعة دورانه .

وتابع ديكارت افكاره فنظر، من الناحية الميكانيكية في تاريخ الكرة الأرضية، وترتيب مختلف اقسامها، باعتبار ان مركز الارض هو دائماً في حالة ذوبان وفي اتجاه نحو البرودة البطيئة. وسنداً لهذا فهو يربط التمزق البادي في « القبة الارضية » بالبرودة وبتقلص الكتلة التي تحملها .

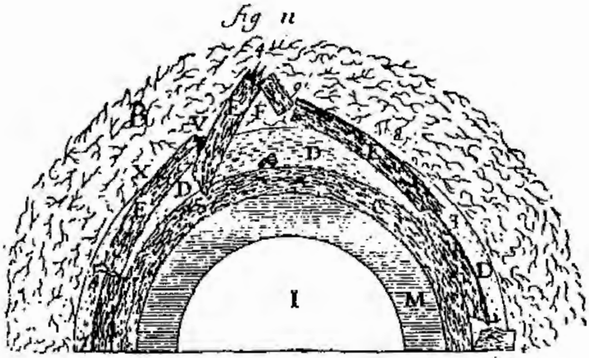
وكما اشار دوبري Daubrée (1880) « لا يمكن ان نعبر بصورة اوضح، ان بروز القارات وتشكيل التفاوت فيما بينها، هو نتيجة التنقل النسبي في فقرات القشرة الأرضية » .

ان الصورة الشهيرة في اللوحة 15 من « المبادىء » تعطي « قطعاً » للكرة الارضية (صورة 33). في الوسط، هناك العنصر الاول I (حرارة، ضوء وقوة باقية من الحقبة البعيدة، حين كانت الارض نجمة) . وفيما بعد هناك كرة M مؤلفة من ذات المادة التي تتألف منها البقع الشمسية، ثم « قشرة من الارض شديدة الوزن » (C) وقشرة اخرى اخف (E). وبين القشرتين، هناك خضم داخلي (D) تعوم فوقه القشرة (E). وتتأرجح اجزاء من القشرة (E) وتتحطم في المحيط الداخلي او تنتصب جبالاً .

هذا المحيط الداخلي يجعل الطوفان قابلاً للتفسير، بسبب ضخامة كتلة الماء . ومن جهة اخرى، ظن ديكارت ان البحر اذا كان لا يفيض ،فذلك لأن «مياهه تتصل من خلال ممرات بهذا المحيط الداخلي الذي منه تأتي الينابيع ، بشكل ان مجرى المياه في هذه الأرض يشبه مجرى الدم في جسد الحيوانات » .

كل هذه الفرضيات كانت في الاصل من منشأ فلسفي خالص ولم تكن ترتكز ابداً على اية ملاحظة على الارض.

ويعود الى ديكارت ايضاً انه نشر نظرية ذكية جداً حول تشكيل المناجم المعدنية . واصل هـذه الاتربة المعدنية كان يعزى عموماً لتأثيرات شمسية Siderales. حيث كان كل كوكب يحدد، في العروق Filons نشأة وتكوين المعدن الذي يحمل اسمه. وبالعكس اكد ديكارت ان الخيوط كانت مملوءة بابخرة آتية من (الاعماق). وسوف يتبنى ستينون الفكرة التي سبق لـ يوزفون كالب U.Von Kalbe اعتمادها في كتابه « برغبوكلين » سنة 1505، ثم اكد عليها فيما بعد هوتن Hutton. وعلى العموم يبدو عمل ديكارت غريباً تماماً بالنسبة الى عصره. فقد ادخل في الكوسموغرافيا الافكار العقلانية في الحركة، والدفع والقوة النابذة عن المركز .



صورة 33 ـ بنية الارض بحسب ديكارت (المبادىء الفلسفية، امستردام 1644).

ان مبدأه حول شمولية المادة سوف يتبين في القرن 19 بالتحليل الموشوري. ان فكرة الحرارة الداخلية ونشاطها سوف يكون لها تأثير على تطور النظريات الجيولوجية .

دوران المياه ـ في سنة 1643، نشر اليسوعي الفرنسي جورج فورنيه Georges Fournier كتاباً حول «الهيدروغرافيا». كان هذا الرجل رحالة، فوضع نظرية حول التيارات البحرية، وأكد أن مستوى المحيطات هو ذاته في كل مكان ، وان مياه الانهار التي تصب بالبحر كل يوم لا تتناسب ابدا مع حجم المحيطات .

وفي سنة 1674، صدر الكتاب، غير الشهير، الذي ألفه بيار بيرو Pierre Perrault (1608-1680)«أصل الينابيع» كان بيار بيرو Pierre Perrault أخاً للقصاص شارل بيرو Charles Perrault واخاً للمهندس ـ رجل العلم كلود بيرو Claude Perrault، وكان قد عرف ان كل الناس يخطئون حين يعزون لمياه الانهار حجماً اكبر بكثير من حجم مياه الامطار. فاخذ يبحث اولاً، عن معطيات صحيحة ، وبخلال ثلاث سنوات، واقعة بين 1668 و 1674 ، اخذ يقيس كميات مياه الامطار التي تهبط في باريس. فتوصل الى رقم 600 مم بالسنة ، وهو رقم ينطبق على الواقع. واكثر من ذلك، قاس مساحة حوض التلقي، في اعلى هضبة نهر السين، واستنتج ان كمية مياه الامطار التي تقع فيه تكفي لتغذيته، مع تأمين الحياة للاشجار وللحقول. ثم قال، كما قال الجميع منذ ارسطو حتى ديكارت ضمناً ، ان المياه تعود الى الجبال بشكل ابخرة، وعبر قنوات، وانها بعد ان تستعيد « شكل الماء » فهي تجد مخرجاً عبر الانهار.

عمل ستينون ـ اجرى نيل ستينسين (1638 ـ 1686) Niels Steensen المشهور باسم ستينون Sténon ـ دراسته في مدينة ولادته كوبنهاجن Copenhague ثم في امستردام وليد. وبعد اقامة سنتين في باريس (1664 — 1666) ذهب الى فلورنسا، حيث ساهم في اعمال « الاكاديميا دل سيمنتو »، في بلاط الدوق الكبير، دوق توسكانة. واستخلص من دراسة دقيقة لاراضي هذه المنطقة،

استنتاجات مدهشة تماماً بالنسبة الى تلك الحقبة ظلت في اساس الستراتيغرافيا الحديثة فلخص عمله في كتاب : « برودروموس. . . » (فلورنسا 1669) .

لقد قبل، بالتأكيد بالطبيعة الحقة للمتحجرات، وفضلاً عن ذلك اعترف بان الطبقات المختلفة في القشرة الارضية المرئية هي نتيجة الترسبات البحرية، وان كل طبقة مترسبة هي سابقة على الطبقة التي تترسب فوقها وهي لاحقة للطبقة المغطاة بها، وان القشرات تترسب افقياً ، وانها اذا كانت منحنية، فذاك لانها انقلبت، واخيراً انه اذا كانت قشرة ما قد ترسبت افقياً فوق طبقات متعرجة او منحنية فذاك لان التقليب كان سابقاً. وقدم اول رسمة للاختلاف والتفارق في الطبقات .

بل ان ستينون Sténon قدم اكثر. فميز « الصخور البدائية » السابقة على وجود النباتات والحيوانات و« الصخور الثانوية » المتراكمة فوق السابقة والتي تحتوي المتحجرات، واخذ يقارن قواقع المتحجرات في ايطاليا، بالاجناس الحية، وميّز المتحجرات البحرية عن متحجرات المياه الحلوة. واخيراً قال بوجود ست حقب كبرى في الطبيعة بحسب ما اذا جاء البحر ليغطي القارات او ينسحب منها (اول محاولة حول اهمية التجاوزات والتراجعات البحرية) .

ان ضخامة هذا العمل تدل على ان ستينون Sténon يمكن ان يعتبر اول جيولوجي حق. رغم ان السنوات الاخيرة من حياته كانت تقريباً مخصصة بكاملها لنشاطات دينية. وكان ستينون ايضاً احد كبار المشرحين في القرن 17.

المدرسة الانكليزية : هوك Hooke، لويد Lhuyd، وودورد Woodward، وليستر Lister ـ كان روبير هوك Robert Hooke احد كبار المفكرين في القرن 17. واستخدم الميكروسكوب لدراسة الحيوانات الصغيرة المتحجرة ، ولدراسة المنخربات من نمط روتاليا خاصة . وكان ايضاً خالق التشريح المقارن للنباتات الحية والمتحجرة. لانه درس وقارن البنية التشريحية للاخشاب الحالية، والخيوط في الخشب التالف. وتضمن كتاب ميكروغرافيا لسنة 1665 رسمة جميلة جداً للبنية التشريحية لخشب اصبح صوانياً ، واصبح ملفتاً للنظر خاصة انه لم يكن بالامكان يومئذ اعداد شفرات رقيقة .

ودرس هوك الآمونية وبين ان الخطوط الواصلة الضامة كانت اغشية حاجزة، وحواجز تفصل الجيوب ، مما يقرب هذه الحيوانات المتحجرة من القوقعات الحالية . وأكثر من ذلك، كان هوك Hooke طليعياً لا ينازع فيما خص النظرية التحويلية ، عندما كتب :

« قد يوجد انواع مختلفة من نفس النوع. . . » « نحن نعلم ، ان تقلب المناخ، والارض والغذاء، يحدث غالباً تغييراً في الاجسام التي تحملت هذا التقلب ». (« فالكلاب والماعز. . . يتغير مظهرها مع المناخ ومع الغذاء . واذا نقلت هذه الحيوانات وغيرها الى مكان غير مكانها، فمن المتوقع ان ينتج عن ذلك تغييرات » .

وندين لادوار لويد Lhuyd، Edward بعمل جليل: «ليتوفيلاسي بريتانيسي ايكونوغرافيا» (1699) الذي يتضمن وصفاً لـ1600 حيوانٍ ونباتٍ متحجر التقط في انكلترا، و250 نوعاً رسم بعناية فوق 23 لوحة بمقاس 8°. ويلاحظ المؤلف انه توجد اشكال مشابهة في كل من انكلترا وايرلندا، ولكنه ينسب المتحجرات إلى إخراج الأرض أجساماً عضوية صغيرة توزع في الهواء والماء. ومع هذا فنحن مدينون له بأوصافٍ دقيقةٍ وبأسماء لأنواع، مثل «تريبراتولا» بين عضديات الأرجل، وترينكلوس بين ثلاثيات الفصوص. ومن ناحية الستراتيغرافيا، يبدو أنه فكر بوجود المتحجرات الخاصة ببعض الطبقات، عندما لاحظ أن الكرعانيات الطباشيرية في انكلترا وايرلندا تتشابه.

واعتمد جون وود ورد John Woodward هو ايضاً افكار عصره، ولكنه كان ملاحظاً ذكياً، لاحظ ان ارض انكلترا كانت مؤلفة من طبقات افقيـة، متراكمـة، من اصل بحـري، وتحتوي عـلى متحجرات.

اما مارتان ليستر Martin Lister، فقد استولى على ملاحظات ج. اوين G.Owen الذي بيَّن منذ اواخر القرن 16 انتشار بعض القشرات فوق مساحات كبيرة.

وقد فهم ترتيب الطبقات الترسبية في انكلتـرا، ولاحظ حتى تكملة طبشور انكلتـرا في الطرف الآخر من المانش. ويبدو انه كان أول من فكر ببناء خارطة جيولوجية. ولكن مشروعه لم يوضع موضع التنفيذ.

المدرسة الالمانية من كيرشر Kircher الى ليبنيز Leibniz ـ تخصص اليسوعي الفيزيائي الأب ر. آتاناز كيرشر (1601 — 1680) R.P.Athanase Kircher بدراسة الارض، بزيارة مغارات رينانيا Rhénanie. وفي سنة 1635، وجد في روما، برفقة زميله العالم، الاب شاينر P.Scheiner. ورصد الشمس ثم وضع خارطة لها نشرها فيها بعد، سنة 1664، في كتابه «عالم ما فوق الارض». لا شك ان هذه الخارطة عجيبة، بما فيها من «آبار ضوئية»، ومن لهب مرئي، ومن تضاريس وانفجارات بركانية ضخمة، ولكن لاول مرة تبدو الشمس ككوكب في حالة فوران وتغير. ولم تبق هناك الا خطوة للوصول الى الفكرة القائلة بان الارض ايضاً هي كوكب في طور التغير. وقد اجتاز ب. كيرشر P.Kircher هذه الخطوة، وأظهر لنا داخل الأرض، في صـورتها الثـالثة (راجـع المجلد 1، القسم 1، الفصل 5): «نظاماً نـظرياً للنيـران تحت الأرضية، تبـدو فيـه البـراكين كمنـافـذ أو منـاور». كـل شيء غلط فيه، ولكن مع ذلك هناك قاعدة للملاحظات، كون كيرشر Kircher قد تجرأ على النظر الى ما يمكن ان يجري داخل الأرض؛ صحيح انه في سنة 1638 شـاهـد انفجار بركان فيزوف، مقروناً بهزة ارضيـة. وعاد كيرشر Kircher بعدها، مثل ديكارت الى الفكرة القديمة عن القنوات الباطنية، التي توصل البحـار بالارض، حتى تنظم دورة واسعة للمياه، مما يمنع البحار من الفيضان. واستخدم كيرشر قوة المد لكي يجعل مياه البحار تصعد الى اعالي الجبال، لتعود بعدها عبر الانهار. وبدا رائداً من رواد الجيـولوجيـا الحديثة عندما كتب: «لا في الداخل، ولا في الخارج، لم تبق الارض على الحالة التي كانت عليها في البداية:..» ثم قدم لائحة بالعوامل المغيِّرة: الحت، طغيان البحر، ترسبات الانهار، التحويرات التي

تحدثها الزلازل. وعزا الى النار الداخلية الفعل المؤثر في حياة الارض، كما ظنَّ ان الزلزال هو في اساس اختفاء الاتلنتيد (التي اعطى عنها خارطة) .

ولد ليبنيز Leibniz في ليبزيغ 1646 ، وأصبح سنة 1676 أمين المكتبة في بلاط دوق برنشويغ - لونبرغ Brunswick- Luneburg في هانوفر ، وكلف سنة 1680 ، بكتابة تاريخ آل هانوفر Hanovre ودوقية برنشويغ . وفيما كان يجوب ايطاليا بحثاً عن مستندات التقى ستينون Sténon فأعجبته منه تصوراته الجيولوجية . وكان قد قرأ ديكارت ، وأعجبته تفسيراته « الميكانيكية » إلا أنه لم يكن حتى ذلك الحين ، يستطيع الانفكاك من الفكرة القديمة وكان يعتبر أن « مصادر الميكانيكية يجب أن تكون في الفيزياء » . كما قرأ كيرشر Kircher واستشهد به .

وقرر البدء بدراسته التاريخية بعرضٍ جغرافي، وحتى جيولوجي. وبعد ذلك، اصبح التاريخ الجيولوجي للدوقية ضمن التاريخ الجيولوجي للارض، هذا التاريخ الذي يجب ان يستخدم كمدخل لعمله. هذا العمل « البروتوجا » لم ينشر في غوتنجن الا بعد 33 سنة ، بعد موته، في سنة 1749، اي في ذات السنة التي ظهرت فيها « نظرية الارض » لبوفون Buffon الفرنسي . الا ان مختصرا لها كان قد نشر منذ 1693 .

وكان ليبنيزLeibniz ، مثل ديكارت Descartes، يؤمن بالاصل الناري للكرة الارضية، وبوجود نار مركزية. واشار الى غزارة المواد شبه الزجاجية (Vitreuses)، والمظاهر البركانية، والمياه الحرارية ذات الحرارة العالية والهزات الارضية .

ومن جهة اخرى، كان ليبنيز يؤمن ان الارض ، منذ الخليقة، اصابتها تغييرات مستمرة بفعل النار والماء . وهنا ينفصل عن ديكارت الذي لم يكن يؤمن الا بفعل النار. وكانت فكرته عن التحولات الثابتة جزئية بالنسبة الى عصره. اما بالنسبة الى الطوفان، فقد كان ليبنيز يؤمن، ككل معاصريه، بان سببه لم تكن الامطار فقط، بل خروج المياه الباطنية بشكل مفاجيء من جراء تصدعات اصابت « قشرة الارض ». وميَّز بين الصخور ذات الاصل الناري والصخور الرسوبية، وظنَّ ان شكل التضاريس سببه المياه والرياح ، نظراً لان سلاسل الجبال سببها تفجرات سابقة على الطوفان .

وفي كتابه « محاولات جديدة »، كتبها سنة 1703 (ونشرت سنة 1765)، بدا ليبنيز وكأنه أول من عرف النوع :

« نحن نعرف النوع بالخلق، بحيث ان الشبيه الذي يأتي او يمكن ان يأتي من نفس الاصل او من نفس البذار سوف يكون من نفس النوع.»، « الا انه لا يمكن تحديد حدود ثابتة للانواع » « ان الانواع مترابطة فيما بينها ولا تختلف الا بدرجات غير محسوسة »، « وكل شيء في الطبيعة يتم بالتدرج ولا شيء يحدث بالقفز » .

ونورد ايضاً جملة اخرى : « ربما، في بعض الازمنة او بعض الامكنة من الكون، كانت انواع الحيوانات او ستكون عرضة للتغيير اكثر مما هي عليه الآن فيما بيننا »

وكان ليبنيز وهو يكتب هذا، يحضر الافكار، بشكل واضح لكي تتقبل تطور الانواع الذي سوف يتوضح في القرن 18.

علماء التعدين : ستينون Sténon ، هويجن Huygens، بويس دي بودت Boece de Boodt - لقد ساهمت المينيرولوجيا او دراسة التربة المعدنية ، بآنٍ واحدٍ ، باساليبها، بالعلوم الرياضية، والفيزيائية والكيميائية والطبيعية، بحسب وجهات النظر المدروسة. ويمكن تقسيم علم التعدين هذا الى فروع هي :

1) علم البلارة والتبلر Cristallographie وهو علم التعدين الخالص الذي يدرس الخصائص المرتبطة بالتناظر Symétrie .

2) علم التعدين الكيميائي أو دراسة التركيب الكيميائي لتربة المعادن.

3) علم الصتامة او الصخور (أو التعدين بالمعنى الواسع) وهو يصف المعادن كتربة، ونشأتها وامتزاجها كصخور، ودورها في الطبيعة. وانفصل هذا الفرع الخاص من علوم الارض، باكراً ، عن الجيولوجيا بالذات، بعد ان كان كل الجيولوجيا بالمعنى الواسع .

وحوالي منتصف القرن 17 ، وبتأثير ديكارت خاصة، ولَّد تيار كبير من الفضول العلمي البحوث المتنوعة. ولم تنج التربة المعدنية من هذا. بل ان كلمة « المملكة المعدنية » ظهرت الى الوجود. وجرت محاولة لتصنيف الركازات المعدنية Minéraux

وبدأت في القرن 17 دراسة البلورات Cristaux تسترعي اهتمام المراقبين الكثر. في هذه الاثناء برزت ملاحظات مفيدة دوَّنها هوك Hooke ،ليونهوك Leeuwenhoek وبويل. وقام ستينون Sténon بدراسة اعمق لاشكال مختلف انواع البلور وخاصة البلورات الموشورية من كوارتز ذات القطع المستقيم السداسي الاوجه Hexagonale. ودرس مواطنه اراسموس بارتولين Erasmus Bartholin (1625 – 1698) بلورات سبات Spath ايسلندا (كالسيت)، وبهذه المناسبة، لاحظ، وهو الاول، ظاهرة الانكسار المزدوج للضوء (اكسبريمانتا كريستالي. . . ، كوبنهاغ، 1669). وبعد ذلك بقليل، حرر هويجن Huygens رسالة حول بنية الكالسيت، ثم « كتاب الضوء » الذي صدر سنة 1690. فقد افترض ان بلور الكالسيت يتكون من بيضاويات صغيرة دوارية مسطحة ومصفوفة بعضها فوق بعض بحيث تشكل مراكزها شبكة موشوريةسداسية يرتدي ثقبها Maille شكل موشور سداسي ذي شق من الكلسيت. هذا التصور ليس ببعيد عن الفكرة التي طورها هوي Haüy بعد قرن من الزمن .

ولد آنسلم بويس دي بودت Anselme Boëce de Boodt (1550 ? – 1632) في بروج، واستدعي سنة 1604 الى بلاط بوهيميا كطبيب واختصاصي بالحجارة الكريمة من قبل الامبراطور رودولف 2. واثناء اقامته في براغ كتب بويس دي بودت كتابه : « هيستوريا جاروم ولابيدوم » الذي ظهر سنة 1609، في هانو، في السنة التي نشر فيها كبلر Kepler ايضاً ، وكان في خدمة وبكفالة الامبراطور ، القوانين الأولى حول حركة الكواكب .

في هذا الكتاب عالج بويس دي بودت Boece de Boodt موضوع الاحجار الكريمة والاحجار اللطيفة، وكذلك موضوع عدد كبير من اشباه المعادن الاخرى وبعض الصخور. وفصَّل خصائصها، وامكنتها، واستعمالاتها. وشدد على اهمية التجربة التي مكنته من تبيين عدد من الخصائص الفيزيائية لاشباه المعادن. وميَّز بين خمس درجات فيها يتعلق بصلابة الاحجار : تربة قاسية، احجار طرية، احجار قاسية يستطيع المنشار العمل فيها، احجار لا يعمل فيها الا حجر السنباذج ثم الاحجار التي لا تعالج الا بالماس . ويبدو انه كان اول معدن عالج موضوع « البصريات »، دون ان يستطيع حل مشكلتها بالطبع. ودرس بعناية فائقة « الماس »، والياقوت Rubis والبجادي Grenat والسفير، والاوبال، والزبرجد، والطوباز، والكوارتز (وكان يميز بين انواعها سنداً للّون)، والمرجان واللؤلؤ. وابتدع كلمة نفريت (حجر اليشم) Néphrite وذكر الاستعمالات الاستطبابية للاحجار الكريمة، ووصف ايضاً عدداً من المتحجرات والصخور، ما مجموعه 647 عنصراً ، وهذا كثير بالنسبة الى تلك الحقبة. وقد لاقى كتابه نجاحاً كبيراً : واعيد طبعه سنة 1636، 1647 و1649 وترجم الى الفرنسية سنة 1644 تحت عنوان « الجوهري الكامل او تاريخ الاحجار . . . ». .

المجموعات الجيولوجية الكبرى - لم تُفهم طبيعة المتحجرات ابداً ، ولكن وجودها وتنوعها اجتذبا الانتباه بما يكفي لولادة فكرة جمعها وتنضيدها. وسوف تصبح موضوع دراسات وموضوع نشرات .

وسوف يتأكد (منذ ذلك الحين) انه لا يمكن درس الصخور والمتحجرات الا اذا توفرت مجموعات للمقارنة وللنشر الوصفي المعتمد على الصور بشكل واسع. ويبدو ان اول مجموعة نشر كاتالوغها، هي مجموعة جوهان كانتمان (1518 – 1574) Johann Kentmann. وكان تصنيفها مرتكزاً على نظام اغريكولا Agricola. وارفق كنتمان Kentmann بها صورة لمكتبه الذي سماه : « اركاريروم فوسيليوم »[1].

وفي ايطاليا تكونت المجموعات الجيولوجية الكبرى الاولى. في المقام الاول من هذه، يجب ان نذكر مجموعة الفاتيكان ، التي اوجدها البابا سيكست ـ كانت Sixte – Quint. ولم ينشر الكاتالوغ، الذي وضع سنة 1574 الا في سنة 1719. وقدم عنها م. مركاتي M.Mercati درساً تشريحياً مقارناً (غير مقصود)، فصور جنباً الى جنب الغلوسوبتر (Glossopètres = اللسان المحجر) وفكاً مفتوحاً لكلب البحر لكي يبرز تماثل الشكل، ولكنه لم يفهم ان في هذا تماثلاً في الطبيعة .

وهناك مجموعة اخرى كبرى هي مجموعة اوليس الدروفندي Ulisse Aldrovandi التي وضع لها كاتالوغاً جيداً مع ترقيم وعناوين ، سنداً لشهادة ميسون Misson الذي زارها سنة 1668 وشاهد

(1) ان كلمة ميزيوم اطلقت لاول مرة على بيت ربات الشعر والفنون (Muses) في الاسكندرية في القرن 3ق.م. (راجع التاريخ العام للعلوم ، مجلد 1 ، القسم 2 ، الكتاب 2 ، الفصل 1 ، وكان يدل على نوع من « الأكاديمية » . ولم تستعمل الكلمة إلا في القرن 16 ، للدلالة على مجموعة من النقود ، رغم احتجاجات علماء اللغة في ذلك الحين .

كاتالوغها المؤلف من 187 مجلداً . ونشر « ميزيوم ميتاليكوم » الذي وضعه الدروفاندي Aldrovandi من قبل امبروزيني Ambrosini سنة 1648، ثم حولت المجموعة الى ميزيوم (متحف) بولونيا. وكان « كالسيولاريوس » فيروناً وهو متحف مهمّ نظّمه فرانسيسكو كالزولاري Francesco Calzolari (1522-1609) موضوع العديد من الكاتالوغات .

وفي انكلترا، كان اول كاتالوغ مهم هو كاتالوغ مجموعة جون ترادسكان John Tradescant، لسنة 1656. ومن بين الاشياء المحفوظة، ذكرت بصورة خاصة الاخشاب المتحجرة (Pyritisé) ثم شجرة البهشية المهترئة المجلوبة من « لوش نس » . وعرضت المجموعة في لامبث ثم نقلت الى « اشمولين ميزيوم » في اكسفورد، سنة 1683 (حيث لم تعد موجودة الآن، لا هي ولا مجموعات لويد وبلوت Lhuyd, Plot). وكانت جامعة اكسفورد اكثر حظاً ، فاحتفظت بمجموعة جون وود ورد John Woodward . ومن جهتها حصلت « الجمعية الملكية » على مجموعة روبير هوبرت Robert Hubert (المعروف بفورجس)، ونشرت كاتالوغها سنة 1664 .

واقترح روبير هوك Robert Hooke انشاء المتحف الوطني البريطاني الذي شدد على منافع المجموعات الكبرى : كتب يقول : « ان علماء الطبيعة يفتقرون، ليس فقط، الى وصف لأنواع القواقع والاسماك ، بل الى وصف اشياء اخرى كثيرة . . ومن المستحسن تخصيص مستودع Repository لمجموعة كاملة، ما امكن، تتضمن كل انواع الاجسام الطبيعية التي يمكن العثور عليها بحيث يجد الفضوليون فيها بغيتهم فيرجعون اليها ويستخدمونها، ويدورون حولها ليقرأوا كتاب الطبيعة. . . . وبهذه المناسبة، اتمنى جداً ان يتضمن هذا المستودع Repository مجموعة كاملة ما امكن من الاصداف المتحجرة ومن المتحجرات المختلفة Pétrifications » .

وتوقع هوك Hooke تأسيس ما سوف يكون « البريتش ميزيوم » (التاريخ الطبيعي) . ورغب إيواءه في مونتاغو هوس، في بلومبري. ونظمت اوراق يانصيب لتمويل شراء العقار وتنظيم المبنى الجديد. ونقل المستودع (Repository) والجمعية الملكية الى الميزيوم الجديد سنة 1781، وكان المؤسس الحقيقي للبريتش ميزيوم سير هانس سلوان Sir Hans Sloane الذي ترك للدولة مجموعاته الضخمة و000 20 ليرة استرلينية لحفظها .

مراجع القسم الثاني

مؤلفات عامة

Ouvrages généraux : *Histoire générale des civilisations*, t. IV : *Les XVI^e et XVII^e siècles* (R. MOUSNIER, 5^e éd., Paris, 1967) ; Collection« Peuples et civilisations», t. IX : *La prépondérance espagnole (1559-1660)* (H. HAUSER, 3^e éd., Paris, 1948) ; t. X : *Louis XIV (1660-1715)* (Ph. SAGNAC et A. de SAINT-LÉGER, 3^e éd., Paris, 1949) ; Collection « Clio » : *Le XVII^e siècle* (E. PRÉCLIN et V.-L. TAPIÉ, 2^e éd., Paris, 1949) ; Collection « Nouvelle Clio » : *La France aux XVII^e et XVIII^e siècles* (R. MANDROU, Paris, 1967) ; R. GROUSSET et E.-G. LÉONARD, éd., *Histoire universelle*, t. III : *De la réforme à nos jours*, Paris, 1958 ; P. CHAUNU, *La civilisation de l'Europe classique*, Paris, 1966 ; F. BRAUDEL, *Civilisation matérielle et capitalisme*, t. I, Paris, 1967 ; B. WILLEY, *The seventeenth century background*, Cambridge, 1934 ; F. L. CARSTEN, *The Ascendancy of France (1648-1688)*, Cambridge, 1961 (« The new Cambridge modern history », t. V) ; H. A. Pr. SMITH, *History of modern culture*, 2 vol., New York, 1930-1934 ; R. K. MERTON, Science technic and society in seventeenth century (*Osiris*, vol. 4, 1938).

مؤلفات تتناول مجمل العلوم

Ouvrages touchant à l'ensemble des sciences : Bibliographies précédemment signalées de POGGENDORFF, SARTON et RUSSO. Ouvrages cités de CLAGETT, CROMBIE, DAUMAS, GUNTHER, HALL, KOYRÉ, MIELI-PAPP-BABINI (vol. 5 à 7), WOLF ; G. HANOTAUX, éd., *Histoire de la nation française*, t. XIV et XV, Paris, 1924 (*Histoire des sciences* par E. PICARD, H. ANDOYER, P. HUMBERT, Ch. FABRY, A. COLSON, M. CAULLERY) ; H. BUTTERFIELD, *The origins of modern science*, Londres, 1949 ; H. PLEDGE, *Science since 1500*, 2^e éd., Londres, 1966 ; F. ENRIQUES et G. de SANTILLANA, *Compendio di storia del pensiero scientifico*, Bologne, 1948 ; M. BOLL et divers, *La science, ses progrès et ses applications*, t. I, 2^e éd., Paris, 1950 ; R. LENOBLE et divers, Les sciences au XVII^e siècle (revue *XVII^e siècle*, janv. 1956) ; S. F. MASON, *Histoire des sciences*, Paris, 1956 ; A. R. HALL, *From Galileo to Newton, 1630-1720*, Londres, 1963.

الحياة العلمية

La vie scientifique : M. DAUMAS in *Histoire de la science*, Paris, 1957 ; M. ORNSTEIN, *The role of scientific societies in the seventeenth century*, 3^e éd., Chicago, 1938 ; H. BROWN, *Scientific organizations in seventeenth century France*, Baltimore, 1934 ; Th. BIRCH, *History of the Royal Society of London*, rééd., 4 vol., New York, 1967 ; Sir H. LYONS, *The Royal Society, 1660-1940*, Cambridge, 1944 ; D. STIMSON, *Scientists and amateurs. A history of the Royal Society*, New York, 1948 ; E. MAINDRON, *L'Académie des Sciences*, Paris, 1888 ; *Histoire et prestige de l'Académie des Sciences (1666-1966)*, Paris, 1966 ; Institut de France, Académie des Sciences, *Troisième centenaire, 1666-1966*, 2 vol., Paris, 1967 ; A. FAVARO, Documenti per la storia dell' Accademia dei Lincei (*Bull. di bibl. e di storia delle scienze...*, vol. XX, 1887). *Archives du Muséum d'histoire naturelle*, volume du Tricentenaire, Paris, 1935.

دراسات متخصصة

Monographies : A. CARLI et A. FAVARO, *Bibliografia galileiana*, Rome, 1896 ; G. BOFFITO, *Bibliografia galileiana, 1896-1940*, Rome, 1943 ; E. GENTILI, *Bibliografia galileiana... (1942-1964)*, Varese, 1966 ; F. S. TAYLOR, *Galileo and the freedom of thought*, Londres, 1928 ; A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, 2^e éd., Paris, 1966 ; ID., *Galilée et la révolution scientifique du XVII^e siècle*, Paris, 1955 ; G. ABETTI, *Amici e nemici di Galileo*, Milan, 1945 ; G. de SANTILLANA, *Le procès de Galilée*, Paris, 1955 ; GALILÉE, *Sidereus nuncius*, trad. fr., Paris, 1964 ; ID., *Dialogues et lettres choisies*, Paris, 1966 ; L. GEYMONAT, *Galileo Galilei*, 2^e éd., Turin, 1962 ; *Atti del Symposium internationale... Galileo...*, Vinci, 1967 ; Div., *Galilée, Aspects de sa vie et de son œuvre*, Paris, 1968 ;

E. McMullin, ed., *Galileo man of science*, New York, 1967 ; P.-M. Schuhl, *La pensée de Bacon*, Paris, 1949 ; R. W. Gibson, *A bibliography of Bacon's works and of baconiana...*, Oxford, 1950 ; H. F. Anderson, *Bibliography of Francis Bacon*, Chicago, 1948 ; I. Beeckman, *Journal*, éd. par C. de Waard, 4 vol., La Haye, 1939-1953 ; M. Mersenne, *Harmonie universelle*, Paris, 1636 ; rééd. Paris, 1961 ; Id., *Les Mécaniques de Galilée*, Paris, 1634 ; rééd. 1966 ; *Correspondance du P. Marin Mersenne*, éd. par C. de Waard, 10 vol. parus, Paris, 1933-1967 ; R. Lenoble, *Mersenne ou la naissance du mécanisme*, Paris, 1943 ; P. Gassendi, *Opera Omnia*, 6 vol., Lyon, 1658 ; rééd. Stuttgart, 1964 ; *Pierre Gassendi*, Paris, 1955 ; *Tricentenaire de Pierre Gassendi*, Paris, 1957 ; Ch. Adam, *Descartes, sa vie et son œuvre*, Paris, 1910 ; G. Milhaud, *Descartes savant*, Paris, 1921 ; E. Gilson, *Le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésien*, Paris, 1930 ; J. F. Scott, *The scientific work of René Descartes*, Londres, 1952 ; A. von Braunmühl, *Christopher Scheiner...*, Bamberg, 1891 ; P. Humbert, *Un amateur, Peiresc*, Paris, 1933 ; Id., *L'œuvre scientifique de Blaise Pascal*, Paris, 1947 ; A. Marre, *L'œuvre scientifique de Pascal*, Paris, 1912 ; Divers, *L'œuvre scientifique de Pascal*, Paris, 1964 ; A. R. Hall, ed., *The Correspondence of Henry Oldenburg*, 5 vol. parus, Madison, 1965-1968 ; H. Gouhier, *La philosophie de Malebranche*, Paris, 1928 ; L. Bloch, *La philosophie de Newton*, Paris, 1908 ; F. Cajori, *Sir Isaac Newton*, Londres, 1928 ; E. A. Burtt, *The metaphysics of Sir Isaac Newton*, Londres, 1925 ; L. T. More, *Newton*, Londres, 1934 ; Mrs and R. Babson, *A descriptive catalogue... of the works of Sir Isaac Newton...*, New York, 1950 ; E. N. da C. Andrade, *Isaac Newton*, Londres, 1954 ; *The Correspondence of Isaac Newton*, ed. by H. W. Turnbull, 4 vol. parus, Londres, 1959-1967 ; Y. Belaval, *Leibniz critique de Descartes*, Paris, 1960.

رياضيات

Mathématiques : Ouvrages cités de Becker et Hofmann, Bourbaki, Boutroux, Braunmühl, Cajori, Cantor (vol. 2 et 3), Chasles, Coolidge, Dedron et Itard, Hofmann, Kästner, Loria, Montucla, Smith, Tropfke, Zeuthen ; F. Cajori, *A history of mathematics*, 2e éd., New York, 1919 ; W. W. R. Ball, *Histoire des mathématiques*, 2 vol., Paris, 1928 ; E. T. Bell, *The development of mathematics*, 2e éd., New York, 1945 ; R. C. Archibald, *Outline of the history of mathematics*, 6e éd., Amer. Math. Monthly, 1949 ; J. E. Hofmann, *Geschichte der Mathematik*, 3 vol., Berlin, 1963 ; J. F. Scott, *A history of mathematics*, Londres, 1958 ; L. Brunschvicg, *Les étapes de la philosophie mathématique*, 4e éd., Paris, 1947 ; P. Boutroux, *L'idéal scientifique des mathématiciens*, 2e éd., Paris, 1955 ; D. T. Whiteside, Pattern of mathematical thought in the later seventeenth century (*Archive for History of Exact Sciences*, I, 3, Berlin, 1961) ; P. Sergescu, *Les recherches sur l'infini mathématique...*, Paris, 1949 ; C. B. Boyer, *The concept of the calculus*, 2e éd., New York, 1949 ; L. Geymonat, *Storia e filosofia dell' analisi infinitesimale*, Turin, 1947 ; L. E. Dickson, *History of the theory of numbers*, 3 vol., Washington, 1923 ; I. Todhunter, *History of the mathematical theory of probabilities...*, Cambridge, 1865 ; J. L. Coolidge, *History of geometrical methods*, Oxford, 1940 ; Id., *A history of the conic sections and the quadric surfaces*, Oxford, 1945 ; A. Amodeo, *Origine e sviluppo della geometria projettiva*, Naples, 1939 ; C. B. Boyer, *The history of analytical geometry*, New York, 1957 ; P. Tannery, *Mémoires scientifiques*, t. VI, Paris, 1926 ; H. Bosmans, nombreux articles (liste in *Arch. int. hist. des sci.*, t. 3, 1950) ; F. Ritter, *François Viète*, Paris, 1895 ; J. Itard, *Pierre Fermat*, Bâle, 1950 ; G. Knott, ed., *Napier tercentenary memorial volume*, Londres, 1915 ; R. Taton, *L'œuvre mathématique de G. Desargues*, Paris, 1951 ; A. Favaro, *B. Cavalieri*, Venise, 1915 ; E. Walker, *A study in the « Traité des indivisibles » of Roberval*, New York, 1932 ; F. Cajori, *William Oughtred*, Chicago, 1916 ; P. H. Osmond, *Isaac Barrow*, Londres, 1944 ; J. F. Scott, *The mathematical work of J. Wallis*, Londres, 1938 ; C. J. Scriba, *Studien zur Mathematik der John Wallis...*, Wiesbaden, 1966 ; H. W. Turnbull, *James Gregory*, Londres, 1939 ; Id., *The mathematical discoveries of Newton*, Londres, 1945 ; *The Mathematical Works of Isaac Newton*, ed. by D. T. Whiteside, 2 vol., New York, 1964-1967 ; *The mathematical papers of Sir Isaac Newton*, ed. by D. T. Whiteside, 2 vol. parus, Cambridge, 1967-1968 ; I. Newton, *Principes mathé-*

matiques de la philosophie naturelle, trad. Mme du CHÂTELET (Paris, 1756 ; rééd. 1966) ; ID., *La méthode des fluxions et des séries infinies*, trad. BUFFON (Paris, 1740 ; rééd. 1966) ; LEIBNIZ, *Mathematische Schriften* (GERHARDT, éd., 7 vol., Berlin, 1849-1863 ; rééd., 7 vol. Hildesheim, 1962) ; ID., *Die philosophischen Schriften*, 7 vol. (GERHARDT, éd., Berlin, 1875-80 ; rééd. Hildesheim, 1960-61) ; ID., *Briefwechsel mit Mathematikern* (Berlin, 1899 ; Hildesheim, 1962) ; J. E. HOFMANN, *Die Entwicklungsgeschichte der leibnizschen Mathematik...*, Munich, 1949 ; *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli*, I, Bâle, 1953 ; Œuvres de Viète (Leyde, 1646), Fermat (5 vol., Paris, 1891-1922), Descartes (12 vol., Paris, 1896-1911 ; en cours de réédition), Torricelli (5 vol., Faenza, 1919-1944), Pascal (14 vol., Paris, 1908-1914), Huygens (22 vol., La Haye, 1888-1950).

ميكانيك

Mécanique : Ouvrages cités de DIJKSTERHUIS, DUGAS, DUHEM, JOUGUET, MACH, OLSCHKI ; R. DUGAS, *La mécanique au XVII^e siècle*, Paris, 1954 ; E. A. BURTT, *The metaphysical foundations of modern physical science*, 2^e éd., Londres, 1932 ; E. W. STRONG, *A study in the philosophy of mathematical-physical science in the 16th and 17th centuries*, Berkeley, 1931 ; R. LENOBLE, *Mersenne et la naissance du mécanisme*, Paris, 1942 ; M. BOAS, Establishment of the mechanical philosophy (*Osiris*, t. X, 1952) ; E. T. BELL, *Christian Huygens and the development of science in the 17th century*, Londres, 1947 ; I. TODHUNTER, *A history of the theory of elasticity*, 2 vol., Cambridge, 1893 ; A. KOYRÉ, *Études galiléennes*, Paris, 1939 (2^e éd., 1966) ; ID., *Études newtoniennes*, Paris, 1968 ; ID., *A documentary history of the problem of fall from Kepler to Newton*, Philadelphie, 1955 ; C. de WAARD, *L'expérience barométrique*, Thouars, 1936 ; W. E. K. MIDDLETON, *History of the barometer*, Baltimore, 1964 ; M. GUÉROULT, Métaphysique de la force chez Descartes et chez Malebranche (*Rev. de métaph. et de morale*, 1954) ; ID., *Dynamique et métaphysique leibniziennes*, Paris, 1934 ; P. COSTABEL, *Leibniz et la dynamique*, Paris, 1960 ; F. ROSENBERGER, *Newton und seine physikalischen principien*, Leipzig, 1895.

فلك

Astronomie : Ouvrages cités de BERTRAND, DELAMBRE, DREYER, JOHNSON, KOYRÉ, ZINNER ; PINGRÉ, *Annales célestes du XVII^e siècle*, Paris, 1901 ; BAILLY, *Histoire de l'astronomie moderne*, 3 vol., Paris, 1785 ; J. LALANDE, *Bibliographie de l'astronomie*, Paris, 1803 ; J.-C. HOUZEAU et A. LANCASTER, *Bibliographie générale de l'astronomie*, 2 vol., Bruxelles, 1882-1889 ; E. DOUBLET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1922 ; F. BOQUET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1924 ; G. BIGOURDAN, *L'astronomie. Évolution des idées et des méthodes*, Paris, 1931 ; H. MACPHERSON, *Makers of astronomy*, Oxford, 1933 ; G. ABETTI, *Storia dell' astronomia*, Florence, 1946 ; trad. angl., New York, 1952 ; A. KOYRÉ, *La gravitation universelle de Kepler à Newton*, Paris, 1951 ; ID., *La révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli*, Paris, 1961 ; A. DANJON et A. COUDER, *Lunettes et télescopes*, Paris, 1935 ; H. C. KING, *The history of telescope*, Londres, 1956 ; C. ANDRÉ et G. RAYET, *L'astronomie pratique et les observatoires... depuis le milieu du XVII^e siècle*, 5 vol., Paris, 1874-1881 ; C. WOLF, *Histoire de l'Observatoire de Paris*, Paris, 1902 ; G. BIGOURDAN, *Histoire de l'astronomie d'observation et des Observatoires en France*, 2 vol., Paris, 1918-1930 ; H. SPENCER-JONES, *The Royal Observatory Greenwich*, Londres, 1943 ; Observatoire de Paris, *Trois siècles d'astronomie (1667-1967)*, Paris, 1967 ; P. HUMBERT, *Les astronomes français de 1610 à 1667*, Draguignan, 1942 ; J. A. REPSOLD, *Zur Geschichte der astronomischer Messwerkzeuge*, 2 vol., Leipzig, 1908-1914 ; E. ROSEN, ed., *Kepler's Conversation with Galileo's sidereal Messenger*, New York et Londres, 1965 ; Œuvres de Galilée (20 t., Florence, 1890-1909 ; rééd. en cours), de Kepler (8 vol., Francfort, 1858-1870 ; nlle éd. en cours de publication, Munich, depuis 1938) ; éd. anglaises du *Dialogo* de GALILÉE (Chicago, 1953 ; Berkeley, 1953), des *Principia* de NEWTON (Berkeley, 1946) ; éd. française des *Principia* (Paris, 1756 et 1967) ; M. CASPAR, *J. Kepler*, Stuttgart, 1948

فيزياء

Physique en général : Ouvrages cités de POGGENDORFF, GERLAND et TRAUMÜLLER, LASSWITZ, ROSENBERGER ; E. HOPPE, *Histoire de la physique*, Paris, 1928 ; F. CAJORI, *History of physics*, 2^e éd., New York, 1929 ; W. F. MAGIE, *A source book in physics*, New York, 1935 ; H. VOLKRINGER, *Les étapes de la physique*, Paris, 1929 ; R. CAVERNI, *Storia del metodo sperimentale in Italia*, 6 vol.,

Florence, 1891-1900 ; P. MOUY, *Le développement de la physique cartésienne*, Paris, 1934 ; M. DAUMAS, *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris, 1953 ; Ch. SINGER, E. J. HOLMYARD et A. R. HALL, *A history of technology*, vol. 3 : *1400-1650*, Cambridge, 1957 ; A. P. USHER, *A history of mechanical inventions*, 2^e éd., Harvard Univ. Press, 1954 ; L. T. MORE, *Life and works of... Robert Boyle*, New York, 1944 ; J. F. FULTON, *Bibliography of Robert Boyle*, 2^e éd., Londres, 1954 ; R. BOYLE, *The Works*, 6 vol., Londres, 1772 ; rééd. Hildesheim, 1965-1966 ; M. ESPINASSE, *Robert Hooke*, Londres, 1956 ; H. W. ROBINSON et W. ADAMS, *The diary of Robert Hooke, 1672-1680*, Londres, 1935 ; R. HOOKE, *Micrographia*, Londres, 1665 ; rééd. Londres, 1964 ; I. B. COHEN, ed., *Isaac Newton, Papers and Letters on natural Philosophy*, Cambridge, U.S.A., 1958.

بصريات

Optique : J. PRIESTLEY, *History and present state of discoveries relating to vision, light and colours*, 2 vol., Londres, 1772 ; E. VERDET, *Leçons d'optique physique*, 2 vol., Paris, 1869-1870 ; D. N. MALLIK, *Optical theories*, 2^e éd., Cambridge, 1917 ; E. HOPPE, *Geschichte der Optik*, Leipzig, 1926 ; C. E. PAPANASTASSIOU, *Les théories sur la nature de la lumière de Descartes à nos jours*, Paris, 1935 ; C. PLA, *El enigma de la luz*, Buenos Aires, 1949 ; V. RONCHI, *Histoire de la lumière*, Paris, 1956 ; ID., *Galileo e il cannochiale*, Udine, 1942 ; R. SAVELLI, *Nel terzo centenario del « De lumine » di F. M. Grimaldi*, Florence, 1966 ; I. B. COHEN, Roemer and the first determination of the velocity of light (*Isis*, t. 31, 1943) ; I. NEWTON, *Opticks*, Londres, 1704 (rééd. New York, 1952 ; trad. fr., Paris, 1720 ; rééd. Paris, 1955) ; E. R. THOMAS, *Newton and the origin of colours*, Londres, 1934 ; K. J. A. HALBERTSMA, *A history of the theory of colours*, Amsterdam, 1949 ; R. S. CLAY et T. H. COURT, *The history of the microscope*, Londres, 1932 ; Ed. FRISON, *L'évolution de la partie optique du microscope*, Leyde, 1954 ; M. ROOSEBOOM, *Microscopium*, Leyde, 1956.

مغناطيس وكهرباء

Magnétisme et électricité : J. PRIESTLEY, *History and present state of electricity...*, Londres, 1767 ; trad. fr., Paris, 1771 ; M. SIGAUD DE LAFOND, *Précis historique et expérimental des phénomènes électriques*, Paris, 1781 ; Th. MARTIN, *La foudre et le magnétisme chez les Anciens*, Paris, 1866 ; E. SARTIAUX et M. ALIAMAT, *Principales découvertes et publications concernant l'électricité*, Paris, 1903 ; P. F. MOTTELEY, *Bibliographical history of electricity and magnetism*, Londres, 1922 ; E. HOPPE, *Geschichte der Elektrizität*, Leipzig, 1884 ; D. M. TURNER, *Makers of science : electricity and magnetism*, Oxford, 1927 ; J. DAUJAT, *Origine et formation des théories de l'électricité et du magnétisme*, Paris, 1947 ; M. GLIOZZI, *L'electrologia fino al Volta*, 2 vol., Naples, 1947 ; E. BAUER, *L'électromagnétisme hier et aujourd'hui*, Paris, 1949 ; E. T. WITTAKER, *History of the theories of aether and electricity*, 2^e éd., 2 vol., Edimbourg, 1951-1953 ; D. H. D. ROLLER, *The « De Magnete » of William Gilbert*, Amsterdam, 1956 ; J. SMOLKA, Otto de Guericke et son rôle dans l'histoire de l'électricité (*Acta hist. rer. natur. necn. techn.*, spec. issue 2, 1966).

كيمياء

Chimie : Ouvrages cités de CROSLAND, DELACRE, DUVEEN, FERGUSON, FIERZ-DAVID, HOLMYARD, JAGNAUX, LEICESTER et KLICKSTEIN, von LIPPMANN, OSTWALD ; J. R. PARTINGTON, *A short history of chemistry*, Londres, 1948 ; H. METZGER, *La chimie*, Paris, 1930 ; ID., *Les doctrines chimiques en France du début du XVII^e siècle à la fin du XVIII^e siècle*, Paris, 1923 ; ID., *La genèse de la science des cristaux*, Paris, 1918 ; F. SZABADVARY, *History of analytical chemistry*, Londres, 1966 ; H. de WAELE, *J. B. van Helmont*, Bruxelles, 1948 ; T. S. PATTERSON, J. Mayow's contribution to the history of respiration and combustion (*Isis*, vol. 15, 1931) ; M. BOAS, *Robert Boyle...*, Cambridge, 1968 ; G.-E. STAHL, *Œuvres médico-philosophiques*, t. 2 à 6, Paris, 1859-1865.

علوم الإحياء

Sciences biologiques en général : Les ouvrages précédemment cités de CANGUILHEM, CAULLERY, LOCY, MENDELSOHN, NORDENSKIÖLD, RÁDL, RAVEN, ROSTAND, SINGER ; G. CUVIER, *Histoire des sciences naturelles*, 5 vol., Paris, 1831-1845 ; J. METZLER, *Niels Steensen*, Copenhague, 1928 ; E. GUYÉNOT, *Les sciences de la vie aux XVII^e et XVIII^e siècles*, 2^e éd., Paris, 1956 ; M. CAULLERY, La biologie au XVII^e siècle (*XVII^e siècle*, janv. 1956) ; G. SCHERZ, *Nicolaus Steno and his indice*, Copenhague, 1958 ; ID., *Pionier der Wissenschaft. Niels Stensen in seinen Schriften*, Copenhague, 1963 ; ID., *Niels Stensen...*, Stuttgart, 1964.

Zoologie : Les ouvrages précédemment cités de ANKER, BOUVIER, CARUS, DELAUNAY, HALL, LOISEL, NISSEN, PETIT et THÉODORIDÈS ; C. DOBELL, *Antony van Leeuwenhoek and his « little animals »*, Londres, 1932 ; J. ROSTAND, *L'évolution des espèces. Histoire des idées transformistes*, Paris, 1932 ; F. J. COLE, Leeuwenhoek's zoological researches (*Ann. of Sci.*, I, 1937, 1-46) ; A. SCHIERBEECK, *The collected letters of A. van Leeuwenhoek*, 8 vol. parus, 1939-1967 ; M. F. A. MONTAGU, *Edward Tyson*, Philadelphie, 1943 ; G. R. de BEER, *Hans Sloane and the British Museum*, Londres, 1953 ; L. BELLONI, *Francesco Redi biologo*, Pise, 1958 ; W. HARVEY, *De motu locali animalium*, éd. WHITERIDGE, Londres, 1959 ; A. SCHIERBEECK, *Measuring the invisible world ; the life and works of Antoni van Leeuwenhoek*, Londres et New York, 1959 ; H. P. ADELMANN, *Marcello Malpighi and the evolution of embryology*, Ithaca (N. Y.), 1966, 5 vol. ; J. THÉODORIDÈS, Les grandes étapes de la parasitologie (*Clio Medica*, I, 1966, p. 129-145, 185-208).

تشريح وفيزيولوجيا حيوانية

Anatomie et physiologie animales : Les ouvrages précédemment cités de CHOULANT, FOSTER, HERRLINGER et KUDLIEN, ROTHSCHUH, SINGER ; F. F. COLE, *Early theories of sexual generation*, Oxford, 1930 ; J. F. FULTON, *Selected readings in the history of physiology*, Springfield, 1930 ; ID., *A bibliography of the writings of W. Harvey*, 2e éd., Cambridge, 1953 ; G. CANGUILHEM, *La formation du concept de réflexe aux XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1955 ; Ch. SINGER, *The discovery of the circulation of the blood*, London, 1956 ; L. CHAUVOIS, *William Harvey*, Paris, 1957 ; W. PAGEL, *William Harvey's biological ideas...*, Basel-New York, 1967.

طب

Médecine : Ouvrages précédemment cités de BARIÉTY et COURY, CASTIGLIONI, DAREMBERG, DELAUNAY, DIEPGEN, GARRISON, GARRISON et MORTON, KING, LAIGNEL-LAVASTINE, SINGER et UNDERWOOD, SPRENGEL, SUDHOFF ; A. PORTAL, *Histoire de l'anatomie et de la chirurgie*, 6 vol., Paris, 1770 ; Th. de BORDEU, Histoire de la médecine, in *Œuvres complètes*, t. II, Paris, 1818 ; M. RAYNAUD, *Les médecins au temps de Molière*, Paris, 1863 ; P. PIC, *Guy Patin*, Paris, 1911 ; P. LECÈNE, *L'évolution de la chirurgie*, Paris, 1923 ; F. R. PACKARD, *Guy Patin and the medical profession in Paris in the seventeenth century*, New York, 1925 ; W. PAGEL, *Johannes Baptista van Helmont ; Einführung in die philosophische Medizin des Barocks*, Berlin, 1930 ; L. REUTTER DE ROSEMONT, *Histoire de la pharmacie*, 2 vol., Paris, 1931 ; J. LEVY-VALENSI, *La médecine et les médecins en France au XVIIe siècle*, Paris, 1933 ; E. KREMERS et G. URDANG, *History of the pharmacy*, Philadelphie, 1940 ; E.-H. GUITARD, *Manuel d'histoire de la littérature pharmaceutique*, Paris, 1942 ; J. GUIART, *Histoire de la médecine française*, Paris, 1947 ; K. DEWHURST, *Dr Thomas Sydenham*, Londres, 1966 ; P. HUARD et M. D. GRMEK, *La chirurgie moderne. Ses débuts en Occident : XVIe, XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1968.

علم النبات

Botanique : Les ouvrages précédemment cités de ARBER, BLUNT, DAVY DE VIRVILLE, GREEN, JESSEN, MEYER, MÖBIUS, NISSEN, REED, SACHS ; F. W. OLIVER, *Makers of british botany*, Cambridge, 1913 ; C. E. RAVEN, *John Ray naturalist*, 2e éd., Londres, 1950 ; R. HEIM et divers, *Tournefort*, Paris, 1957.

علوم الأرض.

Sciences de la Terre : Ouvrages cités de ADAMS, GEYKIE, von GROTH, KOBELL, de MARGERIE, MATHER et MASON, MEUSNIER, ZITTEL ; M. DAUBRÉE, Descartes, l'un des créateurs de la cosmologie et de la géologie (*Journal des savants*, 1880) ; R. LENOBLE, *La géologie au milieu du XVIIe siècle*, Paris, 1954 ; J. G. GARRET, The Prodromos of Nicolaus Steno's dissertation... (*Univ. Michigan studies*, hum. ser., 1916, vol. XI) ; C. PÉCAUT, L'œuvre géologique de Leibniz (*Rev. gén. des sci.*, 1951) ; R. FURON, *La paléontologie*, 2e éd., Paris, 1951 ; W. N. EDWARDS, *Guide to an exhibition illustrating the early history of palaeontology*, Londres, 1931 ; J. E. HILLER, Boèce de Boodt, précurseur de la minéralogie moderne (*Ann. Guébard-Séverine*, 1935).

القسم الثالث :

القرن الثامن عشر

بخلال اقل من قرن، بعد نشر « الماغنيت » (المغناطيس) لجيلبرت (1600) وحتى نشر « مبادىء» نيوتن (1687) Newton، تغير وجه العلم بشكل عميق حتى اضبح غير معروف، ولكن، بدلاً من قتل الميل نحو البحث، عملت ضخامة التقدم المحقق ـ وهي تبعث ثقة عظيمة في القيمة التفسيرية وفي القيمة العملية للعلم ـ من اجل اعمال جديدة. ومن اجل اكتشافات جديدة. فضلاً عن ذلك، كان اتساع المجالات المفتوحة حديثاً امام الغلم، بحيث ظلت قطاعات واسعة اذا لم تكن للكشف ايضاً ، فعلى الاقل للاستثمار بشكل منهجي .

ولهذا انفتح القرن 18 ضمن مناخ من التفاؤل . وسرعان ما اخذ اكثر ملوك اوروبا يتنافسون في رعاية وفي تأسيس الاكاديميات، متيحين امام العديد من العلماء ، وهم كونيو التوجهات بطبيعتهم، كي يعملوا ضمن مناخ من الطمأنينية النسبية. الا ان العلم ساهم بنشاط في الحركة الفلسفية، ضمن قرن الانوار، وفي الاعداد الفكري « للثورة الفرنسية » . ان العلم، كعامل قوي الاثر في تحرير الفكر، قد بدا ايضاً في نظر الموسوعيين «الانسيكلوبيديين »، وخلفائهم كعامل قوي من عوامل التقدم الاجتماعي، يتيح اجراء تحسين سريع في ظروف معيشة البشرية .

نظرة طوباوية ولا شك ، ولكنها، بالتزاوج مع الاعتبار الموروث عن الاكتشافات الكبرى التي حصلت بخلال القرن السابق، ومع الحركة الضخمة للفضول العلمي الذي سببه انتشار النيوتنية والفيزياء التجريبية ، ساهمت في الانتشار الاوسع للعلم، وبالتالي، في تسريع التقدم .

ان المهمة الاساسية للرياضيين في القرن 18 سوف تكون التوضيح والتوسيع والتنسيق، والتطبيق للاكتشافات الحديثة . ان تطور الحساب اللامتناهي الصغر، واستعمال ادوات جديدة: معادلات تفاضلية ، معادلات ذات الاشتقاقات الجزئية ، حساب التغيرات، الخ كل ذلك اتاح استكمال البناء، بناء الميكانيك السماوي النيوتني، كما اتاح متابعة ترييض الميكانيك، ثم القيام بترييض السمعيات الهيدروديناميك .

وعلى موازاة هذا الجهد النظري، شاهد القرن 18 نهضة فخمة في الاسلوب التجريبي، الذي

وان كان قد رعاه العديد من الفيزيائيين في القرن 17، الا انه عانى من نجاح الديكارتية. وانتشرت « الفيزياء التجريبية » من انكلترا ومن البلدان المنخفضة فعمت مختلف بلدان اوروبا، حيث عرفت انتشاراً غريباً ، وتوافق صعود الفيزياء مع النجاح النهائي للنيوتنية وتفوقها على النظام الديكارتي، الذي سقط، منذ زمن بعيد، في الروتين الجامد. ونتجت النجاحات الكبرى المحققة في دراسة الكهرباء والمغناطيسية والحرارة والكيمياء ، عن تعايش وتفاعل هذين التيارين تيار التفكير النظري وتيار البحث التجريبي.

في حين ان علوم الارض عالجت المشاكل الاساسية، بحرية فكرية اكبر، كما عرفت علوم الحياة تقدماً سريعاً بفضل النهج الطبيعي للتصنيف، وبفضل العديد من الدراسات الوصفية وبفضل بحوث الفيزيولوجيا الحيوانية والنباتية، والاهتمام الذي لاقته المسائل الكبرى المتعلقة بنشأة وبخلق الكائنات الحية.

وهكذا، وان بصورة اقل بروزاً ووضوحاً ، تابع القرن 18، وعبر طرق اصيلة في اغلب الأحيان ، الجهد الضخم الذي قام في القرن السابق ، فقدم نتائج عديدة غير معروفة من قبل ، وصاغ نظريات خصبة ، وفتح أمام البحث آفاقاً جديدة .

قرن الفضول

« القرن الكبير » هو القرن الثامن عشر. هذا ما قصدت..» بهذا الكلام اوضح ميشيلي Michelet تفضيله لعصر يخترع بدلاً من عصر يقتصر على العرض. في فرنسا، لقد ولى زمن القصائد المأسوية الكاملة، والجنائن الكاملة، وأخذت الملكية المطلقة تتجه نحو الانحدار. وجاء وقت المجادلات المتحمسة: في أوروبا أخذ الأمراء يفتشون عن الهامهم في الأفكار بدلاً من المرائي واستمدوا من الفلاسفة، إن لم يكن خطط العمل، فعلى الأقل الميل الى التداول والتشاور. وأخذت أوروبا تنظر الى العالم بعين جديدة: لا كخزان للثروات التي يجب الاستيلاء عليها بل كخزان لحضارات يجب فهمها.

حدود القرن ـ القرن الثامن عشر؟ انه بالضبط والتمام مئة عام بين 1700 و1800؟ في انكلترا، لقد بدأ باكراً، وربما منذ ثورة 1688. وفي روسيا، بدأ متأخراً، وبدون شك سنة 1763، مع مجيء كاترين الكبرى Catherine. وبنفس اللعبة، يمكن تحديد سنة 1740 بالنسبة الى المانيا (او على الاقل فقط بالنسبة الى بروسيا فردريك الثاني Frédéric II). والعادة جرت اعتبار سنة 1715 فيما خص فرنسا، وهو تاريخ مقبول. هل اختيار هذه التواريخ هو اختيار عشوائي؟ ان اي تحليل، مهما بدا طويلاً وتسنده « الوقائع » لا ينجح في تبرير الاختيار.

ان هذا الاختلاف في التواريخ بين الغرب والشرق، يبدو محسوساً ولكن تصعب برهنته. ان اي فرد كثير المطالعة، ومتحرر في فكره، سوف يوافق على هذا التحديد بفارق بسيط لا يتجاوز السنوات القليلة.

لقد استيقظ القرن 18 اولاً في انكلترا، وفي فرنسا. ولكن ما هو حاله في العالم؟ لا الصين ولا الهند، ولا ما تبقى، في الخراب، من اميركا الهندية، ولا افريقيا، ان اياً منها لم يشعر اقل شعور بالانتهاء الى القرن 18. ان اميركا الاوروبية فقط، اعتمدت روزنامة اوروبا وبخاصة الروزنامة الانكليزية. وخارج اوروبا (والاوروبيين) لم تكن الحضارة ذات الاسس العلمية قد ولدت بعد: بل ان احداً لم يشعر بوجودها.

ولانه يجب الكلام عن العلم فقط من اجل تمييز القرن 18 اذا شئنا ان نعثر على شيء افضل من تحكمية الروزنامة الغريغورية. عصر الانوار ؟ عصر يفتش عن نور جديد ينتظر من « الفكر » ما كان متوقعاً ، قبله، من « النفس »، عصر انصب على معاداة الدين ، من اجل اعادة بناء الشخص البشري، بشكل افضل تحت طائلة تحطيم العلاقات التقليدية التي كانت تربط الاحساس والتأمل (من هنا الازمات العنيفة) اللذين يشكل مجموعهما الايمان ، من اجل ربط التجربة والعقل في ضمّة سوف تشكل العلم .

ان القبول بهذا التعريف لعصر الانوار يعني القبول بهذا الفارق بين الشرق والغرب والذي يضع الحدود القارية لاوروبا (على اطراف اسيا) على اكثر من خمسين سنة بعداً عن الحدود البحرية لاوروبا، على شاطيء الاطلسي. وهذا الفارق يعني ايضاً شيئاً ما: ان التقدم يأتي من الاطلسي. لا شك ان القوافل البطيئة في مهوب اسيا الوسطى، كانت تتجه دائماً من شواطيء هوانغ ـ هو الى شواطيء البحر الاسود، قوافل حاول الانكليز استثمارها عند مرورها. متربصين بها دائماً عند شواطيء بحر الجزر، بفعل شركتهم المسماة « موسكوفيا ». ولكن هذه القوافل لا تستطيع بنجاح مقاومة قوة التجارة البحرية الانكليزية، وخاصة الهولندية والفرنسية، والبرتغالية ايضاً ، التي كانت تمتص عبر المرافيء اشباه الجزر الاسيوية الغنية، واسياد البحر هؤلاء كانوا ايضاً اسياد اميركا .

مصادر الذوق ـ انه قرن التجارة البحرية العالمية. لا شك ان اوروبا عرفت منذ قرون الكثير من انتاج بقية العالم، انما على شكل عيّنات، وبكميات صغيرة. اما هذه المرة فكميات البضائع الجديدة ضخمة، وتدخل بعمق في المدن الداخلية (وبخاصة في غربي اوروبا) لكي تعدل الاذواق، وتستثير الفضول وتفتح روح المغامرة، وتحمل الخيال نحو الشواطيء الخلاقة. ومن السهل فهم الاهتمام الحاد الذي اتجه نحو الجنينات العلمية النباتية. فالكثير من الانواع غير المعروفة وسعت افق الاحساس بالطبيعة، او بصورة افضل اعطته حجماً ابعد وعمقاً يضاف الى مساحات المناظر الريفية المعتادة. ولكن الاشربة ايضاً والاطعمة الجديدة ايقظت الشهيات كما انها اغنت خزانة الادوية. واستمتعت العين برؤيات جديدة وبأقمشة وبحاجيات ، واصبحت بدورها اي العين متطلّبة .

مطالب جديدة يقتضيها الاحساس، جعلت انسان القرن الثامن عشر أكثر حساسية وأكثر ابداعاً. وانتقال بضعة ملايين من الناس من حالة الاحساس المتلبد بالاعتياد الى حالة الحساسية المتزايدة والاكثر حدة، هذا الانتقال نمى الميل نحو الرفاهية ونحو الراحة. وامام رهافة الاحساسات ولطفها في القرن الثامن عشر بدت عادات كثيرة كانت سائدة في القرون الماضية اقرب الى البربرية. وكذلك الفكر ترهف مع ترهف الحواس. والشيء الذي كان يرضي اتباع لويس الكبير، بدا تافهاً او تبجحاً في نظر اتباع لويس الخامس عشر المحبوب وساد في هذا القرن، القرن الثامن عشر مناخ أقلّ صرامة واكثر لطفاً : فساد الشك والمرح والحرية واخذ الانسان يجرب نفسه ويغامر. واخذ يهرب من القواعد ومن الاصول ومن التشريفات، واتجه نحو الجدة ونحو التجربة ، فوقع غالباً ، وفي اغلب الاحيان في التافه وفي الصعب والخطر، ولكنه اكتشف التقدم احياناً .

اصول العلم ـ هنا يكمن ولـع هذا العصر. ان اوروبـا، ومنذ قـرنين تـوجهت للبحث عن قارات جديدة ، واكملت تقريباً اكتشاف الكـرة الارضية . والى هـذا البحث فوق السـطح جاء دور البحث في العمق (رغم ان التوجهين كانا يتعايشان ويدعم احدهما الآخر، الا ان الميل كان يذهب مرة بهذا الاتجاه أو بذاك) . اكتشاف في العمق أدى الى نتائج مدهشة في كل مجالات سلم المعرفة .

في القمة : نيوتن Newton، او اذا فضلنا اسم الشيء على اسم الانسان ، مكانة الكرة الارضية في الكون. هنا انفتح القرن الثامن عشر، في انكلترا على احدى هذه العجائب العلميـة التي عددهـا قليل في تاريخ البشرية. وتدل اعرق المسـتندات على الجذب الذي مارسته القبة السماوية على خيالات الناس. في القرن السادس عشر تراكمت، بفضل كوبرنيك Copernic وتيكوبراهيTycho Brahé ، وفي بداية القرن السابع عشر، مع كيبلر Kepler وغاليليGalilée ، تراكمت المذكرات والملاحظات التي تتزايد دقتها ، بفضل هذا الفضول العلمي. اية غزارة. ولكن ايضاً توافق نضج الازمنة بفضـل تراكم الجهود واندماجها، جهود من آلاف مؤلفة. وعلى نيوتن Newton هبط الحظ والشرف في كشف الصيغة الوحيدة. وزيادة عـلى ذلك ، ومن اجـل هذا الاكتشـاف، واستثماره، حقق نيـوتن وسائـل مدهشة في الحساب جعله يستخدم في حقل اوسع بكثير من حقل علم الفلك .

وتجاوزت اهمية نيوتن الدور الحاسم لاكتشافاته الفلكية والرياضية . ان اختصـار العالم بصيغـة واحدة (اذ هكذا فسـرت العقول النيرة كتاب نيوتن المبادىء) اسكر المفكرين بالامل، وجعل الثرثارين لا يهدأون. وبعد فونتينيل Fontenelle اخذ كبار وصغار المعلمين في فرنسا وفي اوروبا يكتبون، خيراً او شراً ، عن الامكانات التي لا حد لها ، امكانات الفكر البشري. وبعدها اصبحت الجرأة والطموح لا حدود لهما .

الاداب والعلم ـ ان البحث والانشـاء قد تشجعـا ، ليس من اعلى فقط، بـل ايضاً بفضـل العديد من التفصيلات الصغيرة في الحياة اليومية التي تغذي التجربة البشرية وتطرح اسئلة لا نهاية لها على الحرفيين، الذين دفعوا لكي يصبحوا مبتكرين ومخترعين. ان بناء البيـوت وتنظيم المـدن وابتكار الاثـاث، والمطبـخ، والثياب، كـل شيء يبحث عن التقـدم، اي عن تكيف افضـل مـع حـاجـات الانسان ، انه بحث عن ما سوف يسمى بكلمة انكليزية الرفاه. هذه هي البيوت تصبح منظمة تبعـاً للمفيد اكثر مما هي من اجل الابهة. واضيئت الشوارع ونظفت ، وانشئت الارصفة من اجل المشاة ، وبنيت في آخر القرن بعض قنوات للمياه الجارية. وهذه هي الاثاثات المنزلية تفقد رسميتها لتصبح اكثر راحـة (وقد سـادت الكلمة في مصـانع الابنـوس) واصبحت المقاعـد بشكل يـلائم شكل الاجسـام الجالسة. والكل رتب في غرف افضل اضاءة وافضل حماية وافضل ترتيباً . وبدلاً من الذهب والرخام، وهي مواد قاسية فضلت التحف المشغولة بدقة حيث تتراكم عجائب العبقرية. وفي آخر القرن جاء دور الالات الاوتوماتيكية . واضيفت الى الاقمشة الحريرية الموشاة بخيوط الذهب القطنيات المطبوعة . وفي كل ضواحي المدن في اوروبا تصور الحرفيون وجربوا وكيفوا معداتهم، وفتشوا عن مواد جديدة تتلاءم

اكثر مع متطلبات الموضة الجديدة. وكذلك الطباخون كانوا احياناً عالمين بالنبات وكانوا يتطلعون ايضاً الى الصيادلة .

ولكن هذا ليس من أجل إرجاع التجارة الى العادات الطبية التي كانت تجعل من تاجر الأفاوية ، بائع خرضوات ، وبائع غرائب الغرائب المكلفة ، أو اكسير إطالة العمر . بل بالعكس من أجل إدخال التغيير على نمط الحياة ، تغيير يعد المكان لثورة في فن العناية : الى هذا كان التطلع .

ان الكثير من العناصر المستعملة في الصيدلة : مثل القرفة والزنجبيل وغيرهما من المستحضرات البعيدة المكلفة والنادرة ، والتي اصبحت سهلة التناول فجاءة ، مثل الكحول ايضاً والذي سمي شعبياً بماء الحياة ، كل هذه الاشياء اصبحت من التوابل ، او من المتممات العادية ، لطعام اقل غزارة ولكنه اكثر تنوعاً ، واقل ازدحاماً . وكان على الاطباء ان يصبحوا شيئاً آخر غير رعاة الحماية والنظام في الطعام . ان معالجتهم لن تقتصر بعد الان على رعاية الاخلاط والامزجة . وقد وضع التشريح بفضل الجراحة الضوء على الاهمية الخاصة للاعضاء ، كما فتح السبل امام كلود برنار Claude Bernard وامثاله . وهذا في زمن سرع فيه اللقاح اكتشافات باستور Pasteur ، قبل ان يدرك سر نجاحه .

وليس هذا كل شيء لقد امتد الاصلاح في فن الطبخ فشمل البعد النباتي، وبصورة خاصة الحيواني : فادخلت في لائحة الاطعمة اللحوم « الضخمة » التي ظلت تعتبر حتى ذلك الحين اطعمة مبتذلة، وهذا ادى الى معرفة افضل في تشريح الحيوانات، والى تجربة جديدة في تربيتها .

وتدلنا زيارة اي فندق صغير خاص في القرن الثامن عشر على زينات خشبية لطيفة ، وعلى اقفال مضبوطة ، وعلى زينات من الزهور والاثمار والحيوانات، وعلى مناظر ريفية (وكل ذلك مرسوم او منجّد)، وكل ذلك على نمط بوفون Buffon. وبوفون من مونتبار : نجار وحداد، ومدقق في الكائنات الحية ومهندس زراعي وخبير ايضاً.

هذا القرن اعطى ادباً غزيراً حول طبيعة النار. وتمت العودة الى ارسطو قبل التحمس من اجل تجارب فرانكلين Franklin حول الصاعقة . وكان فولتير Voltaire ، (ومدام شاتيله Mme du Châtelet) يراقبان في مختبرهما المجهز حسب موضة العصر. وفي كل هذه التجهيزات خرجت الكيمياء الحديثة بفضل جهود لافوازيه Lavoisier . ولم يقتصر الامر على الابحاث النظرية التي قام بها علية القوم، بل بذلت جهود من قبل الصناع والحرفيين لاقامة مداقيء تدفيء جيداً . ولكن هذا الانجاز القوي لم يكن سهل التحقيق. فقد جهد القوم في كيفية معالجته، وفي السنة 1720 قامت تقنية (او علم حسب نمط العصر؟) هو علم الكامينولوجيا. فقد كان من الواجب دراسة انعكاسات الاشعة الحرارية على القرميد او الرخام ، وكان من الواجب درس المجاري من اجل الحصول على دفق للهواء المساعد.

فلم يكتف بقياس قوة تصاعد الهواء الحار بسبب جفته ، بل درست ايضاً الضغوطات التي تتزايد بتزايد الحرارة. وحول الاشتعال قدرت العلاقة بين الجسم المحروق والهواء الذي يرفع اللهب.

وهكذا تجمع حول ركن النار عدة علوم نشأت من الاهتمامات السائدة في ذلك العصر وكلها من اجل الرفاه في المعيشة. عدة علوم ؟ : قياس الحرارة ، ميزان الهواء ، ديناميك الغازات ، واكثر من ذلك الكيمياء التي انطلقت من ملاحظة الاشتعال .

ان عمل لافوازيه، هو ابن العصر الغني، ابن العصر الذي يريد ان يعيش حياة رفاه ويريد التمتع بالحياة ، والتنعم بكل لذائذ الحياة في اوروبا، انه ابن العصر الذي ضلّ « في » العلاقات الخطرة » الا انه بذل ايضاً التقدم في ارض اوروبا .

وادى السعي وراء الرفاه الى اكتشافات علمية ، او على الاقل، خلق مناخاً ماعد على هذه الاكتشافات. كما ساعد بصورة اولى في البحث عن الجماليات الجديدة. واكتشف هذا القرن المعادلات الرياضية المتعلقة بظاهرات ذبذبة الأوتار والانابيب الصوتية . وهو ايضاً القرن الذي اوصل فيه موزارت Mozart الموسيقى لكي تعي تنوع الجرس. فلم تبلغ الدراسات النظرية للسلّم وللقواعد الموسيقية في وقت من الاوقات مثل هذا التعادل، وخاصة انه حصل لدى مفكرين لا صلة بينهم ولا يقرأ احدهم الآخر. حبّ الرفاه، والابهة، والفنون، كلها كانت محركات ودوافع للفكر على الابداع .

العلم والمجتمع ـ وبالمقابل، كان الابتكار قوياً الى درجة لم يكن الا ليؤثر بدوره في المجتمع الذي يقوم به. ان معرفة افضل بالسماء شجعت البحارة ، وبذات الوقت حملتهم على الاتيان باعمال شجاعة جديدة : ملاحظات يجب تحقيقها في البحار البعيدة، حسابات خطوط الطول، لقد كان علم الفلك على رأس التجارة البحرية وفي خدمة احتلال « الارض » من قبل الاوروبي الذي ابتدعه. وبصورة اكثر تواضعاً، كم من التفصيلات الساذجة في الرياضيات او في الفيزياء ، كانت في اساس الالعاب والتحف الشائعة التي كان البعض يجمعونها في مكاتب ثمينة ارواء للفضول، ويجعلونها شبه مختبرات، تمارس، في كل الاحوال، على الذوق تأثيراً قوياً كالتأثير الذي سبق ولاحظناه والذي احدثته التواريخ الطبيعية على التزيين : ان العلوم هي في اساس الموضة . وبالطبع، اذا كانت العلوم، في القرن السابع عشر، نظرية اكثر مما هي عملية، اما في القرن الثامن عشر، فالعلوم تتضمن العديد من التطبيقات العملية . لقد سبق وأشرنا الى التطوّرات في صناعة الآلات الموسيقية (وقد بذلت جهود خاصة من أجل تحسين الكلافسان [معزف قيثاري] ومن أجل وضع البيانو القوي) . وفي العديد من مجالات الحرفيات أمكن الأخذ عن العلوم الجديدة : الصباغة ، التبييض ، الخيوط والنسج . . . الهيدروليك ، والآلات الحرارية . . . لا شك أن العلوم كانت في طليعة التقدم الصناعي .

وفيما خص هذا المظهر الأخير الذي هو مألوف لدينا اليوم، من المهم أن نشير الى أن تأثير العلوم في « صناعة » القرن 18، لم يكن، في اغلب الاحيان، من فعل اعتماد اسلوب مختبري ناجز ومباشر، في عملية الصنع (لا شك ان ذاك كان يمكن ان يحدث : صناعة ماء الكلور في معمل جافيل)، ولكن، بشكل اعم، ان الامر يتعلق بتأثير عام جعل من بعض الحرفيين النخبة، مجربين عارفين. بين هذا الشكل العالي من الحرفية وبين رجل العلم (الم يسمّ في فرنسا ايضاً بالفيلسوف ؟)، لم يكن هناك

من فرق في الطبيعة. لا شك ان علم الفلك والرياضيات كان لهما من الماضي ذخيرة غنية جداً يستطيع ذوو الكفاءة ان يغرفوا منها. ولكن في الفيزياء والكيمياء وحتى في الطب كان الهاوي المتنور او الحرفي البارع اكثر فعالية من المتحذلق، الكثير الاستشهاد بالاعلام، والكثير المطالعة للهذيان الذي مضى عليه الزمن.

ولكن العلاقات بين العلم والمجتمع، بشكل خاص، تغيرت بصورة جذرية، ورسم التغيير الاجتماعي، مسبقاً، ما سيكون عليه حال المجتمع العلمي، كلها تجلى في النظرية الاقتصادية. ان الليبرالية الاقتصادية، التي ابرزها آدم سميث Adam Smith، هي اكثر من مجمل من الافكار حول القانون الطبيعي الذي يتحكم بالظرف البشري، انها مظهر معاش لفرضية سامية تتناول كيفية تصرف الطبيعة باكملها. انها تجعل من الفرد كياناً متماسكاً واساسياً، كياناً مصيره الاستقرار ان هو لم يجذبه جاذب الكسب والاستفادة الى نشاطات تترجم نتيجتها الاجمالية بعبارات الاحتمالات وبقوانين الاحصاء. ان رؤية نوع من التصور الذري للكون موجودة بشكل غامض في فكر اولئك الذين يلاحظون طريقة سلوك الناس في اوروبا.

فخلال الاف السنين انتجت البشرية العلم على انه ترف قلّما يغير ظروف حياة الغالبية من الناس. في القرن التاسع عشر، اخذ العلم يصيب كل الناس. في القرن 18، اعد التحول الاجتماعي هذا الانتقال الاساسي، وذلك عندما كشف اي التحول عن صورةٍ له شبيهة بالصورة التي سوف يكونها الناس عن الطبيعة كلها.

اننا ما نزال لا نعرف تماماً كيف ان تطور العمل الدماغي قد توصل ثم تجاوز هذه المرحلة التي توافقت فيها التجربة مع التحليل العقلي لكي يعطيا للعمل الفكري كامل فعاليته العملياتية. ولكنه من المقرر الثابت، انه توجد لحظة في المراهقة الفردية يستطيع فيها العقل ان يحقق الكثير من النتائج السريعة التي كانت تعتمل، في الطفولة، بشكل تلمس غريزي، وكذلك اصبحت البشرية الاروبية راشدة في القرن 18، وهذا هو السر الحقيقي لثورتها العلمية.

ولكن ماذا يعني سن الرشد بالنسبة الى المجموعة؟ ان ذلك لا يعني انها تتمكن من انتاج مفكرين مبدعين: فهم دائماً كذلك. بل انه يعني انها انتجت وتنتج - ما دامت قد اغتنت بهم وطالما ان نظامها الخاص اصبح قريباً من نظام التفكير - عدداً كبيراً من العلماء يكفي لتكوين الكتلة اللازمة التي تجعل التطور الفكري الجماعي يتحول من عصر الى عصر، من عصر ما قبل العلم الى العصر العلمي.

وعلى هذا يعبر فضول العصر واتجاهه نحو ما يغيره عن نقلة في التطور الفكري الجماعي.

التربية العلمية - وهنا يبرز موضوع جديد هو موضوع التصاعد الاجتماعي. كان ستندال Stendhal بامكانه ايضاً الظن بان الاحمر والاسود، اي السلاح والكهنوت كانا الوسيلة الاضمن لشق الطريق في المجتمع، على الاقل بالنسبة الى الذين لم يولدوا في المراكز والبيئات العالية؟

وعلى كل حال بعد اقل من قرن، اصبح بالامكان شق الطريق بواسطة المؤسسة الحرة، ثم عن طريق المدرسة، وعن طريق التفوق في الامتحان والنجـاح العلمي، بشكل نبيـل لا يحتاج الى مـال. ولكن ما كان قد اصبح في المكتسبات، حوالي سنة 1880، كان قد اخذ يرتسم في القرن الثامن عشر تقريباً.

واصبح (ارويه)Arouet ، فولتير Voltaire بفضل قلمه : وهذا لم يكن بالامر الجديد. وجان لورون Jean le Rond، اصبح دالمبير بفضـل عبقريتـه (وبفضـل نفـوذ سري) ، وهـذا امر اكـثر غرابة . ولكن الشيء الذي ميز هذا القرن هو صعود سلالات من العلماء امثال آل برنولي Bernoulli .

ولكن كيف يصبح المرء عالماً في هذا القرن قـرن الانوار ؟ لم تكن الـدروس مجانيـة الا نادراً ، والمدارس كانت قليلة ، والجامعات لم تكن كما نعهدها اليوم ، والثقافة الفضلى ، والتي نسميها اليـوم عالية كانت تحصل بالمطالعة ، او بفضل الاعتمـاد على معلم. كـما حصل لـلابلاس Laplace حـين احتضنـه دالمبير d'Alembert . ان هذا التبني هـو اسلوب عائـلي تقريبـاً ، في ثقافـة ظلت فـردانيـة شخصية ، غالباً ما ترتبط بالمصادفة ، كما انها كانت موزعة بشكل غير عادل. فحظ الفلاح منهـا كان معدوماً . اما حظ القروي فضئيل . واما حظ صاحب الدكان فمحتمل، وان كان ممكناً بحيث يستطيع هذا الاخير ان ينافس احياناً ، في مجال الثقافة ابن الغني او ابن النبيل، صاحب المعلم الخصـوصي، الذي يستطيع التردد على الصالونات الادبية والاستماع في الولائم او القيام بها .

ولكن اخيراً كان العلم مشـرفاً، واحيـاناً كـان لقاء اجر. منذ قـرن مضى كان العلم يتـداول بالرسائل بين الاصدقاء الذين يعيش كل منهم من ماله الخاص او بمعونة من قبل كنيسـة. اما في القرن الثامن عشر فقد اخذ العلم يصبح موضوع مهنة : واصبح العالم قادراً ان يعيش من فكره ومن قلمه. والقيمون على الجنائن لم يكن يطلب منهم برعاية جمال النبـاتات فقط بـل دراستها، واصبـح الغراس قادرين على الاكتشاف. واصبحت مدام بومبادور Pompadour تهتم بالصناع المهرة كما تهتم بالعلماء والفنانين او الكتاب. والصناع المحظوظون هم اولئك الطليعيون الاصلاء ، في اجيال عديدة عملت للعلم التجريبي. في القرن الماضي كان المصورون يدفعون للرسامين المهرة او للرياضيين كي يرسـموا لهم على لوحاتهم صوراً هندسية يمكن أن تكون هياكل لأشكال أو ألوان. في القرن الثامن عشر، انتقل هـذا الذوق الى التلوين، ولكن الـرياضيـات انتشرت في الصنـاعـة وحتى في التجـارة. وتـم اختـراع الموازين. وانصب التفكير على مسننات الالات، واخذوا يفكرون في المخاطر وتأمينها ، لان الاهتمام انصب على التطورات الديموغرافية السكانية.

تحديث العصر - اذا كان المجتمع الحديث يبـدو لنا اكـثر ميلاً الى التقنيـة والى الحساب، واذا كانت الخطة المرقمة تبدو ضرورة، على صعيد الدولة ، وعلى صعيد المشروع حتى الصغيـر اذا اراد ان ينجح ، فان نشأة هذا المجتمع الحسـابي، الا يمكن ان تعزى الى فوبان Vauban [1633 — 1707]؟.

ففي « العشر الملكي »، اراد به تطوير الدولة في مجملها ، واحصاء عدد الرعية، وتـوزيعها الى

طبقات ثم تتبع تطور الثروات. وهكذا بدأ القرن الثامن عشر برجل وبعمل يدل على انطلاقه من اجراء التوجهات في ادارة الاقتصاد وفي ادارة المجتمع كما يقدمه لنا العالم المعاصر.

لا شك ان « العشر الملكي »، الذي قال به فوبان Vauban ظل غير مفهوم في عصره، وغير مفهوم حتى بعد قرنين، لان الليبراليين لم يروا فيه الا رغبة في المساواة الاجتماعية (لا ارادة في الحساب والتوقعات). رغبة كانت تهز عاطفتهم من اجل انتصار البرجوازية، وهذا امر قلما كان بفكر صاحب المشروع او قلما كان من مقترحات الكتاب. ان فوبان Vauban هو اقرب لان يكون جد الحسابيين المعاصرين الذين يحسبون الدخل القومي. ومجتمع القرن الثامن عشر لم يكن مهيأً لجهد بمثل هذه الفرادة، الا ان رجلاً عبقرياً استطاع ان يكتشف ان التطور الاجتماعي يتجه ناحية بنية قائمة على الحساب والعدد.

ولم تعد الصالونات وحدها وكذلك الفنون الجميلة، والرفاه والابهة والفضول، والذوق، في القرن الثامن عشر هي دعامات التقدم العلمي. ان التقدم الاجتماعي باكمله هو الذي يتحرك باتجاه العلم. فهل كان في القرون الماضية مثل هذه العلاقة الوثيقة بين العلم والمجتمع ؟ ان ذلك قليل الاحتمال. ان المكتسبات العلمية البطيئة والمخاطرة كانت تتراكم ببطء وبغير انتظام، وكانت احياناً تتلف تحت ضربات الحظ. وتتالت المجتمعات، وفي اغلب الاحيان كانت تهزها المصائب والكوارث التي تبتلع الحضارات بحركتها المستمرة. وانطلاقاً من القرن الثامن عشر أصبح العلم مرتبطاً بسعادة الشعوب، وأصبح مصير الحضارات يتقرر في المختبرات.

عصر اوروبا ـ قلما تكلمنا الا عن اوروبا. فهل يجب الكلام عن القارات الاخرى ؟ ان البعثات التي ذهبت لتقيس خطوط الهاجرة ومراقبة ورصد النجوم في اميركا، وقيام اليسوعيين بادارة « المحكمة » محكمة الرياضيات في الصين، هذان الحدثان هما عمل اوروبي لا اميركي ولا صيني، ولكن هذا بالضبط هو المهم : ان القرن الثامن عشر هو قرن اوروبا. وهو اوروبي اكثر من اي قرن آخر.

من المستحيل انكار الدور الضخم الذي لعبته القارة الاسيوية في تطوير اوروبا ونموها قبل المسيح وفي الحقبة التي اصطلح على تسميتها بالقرن الوسطي. فقوافل آسيا الجنوبية، والسفن العربية في المحيط الهندي كانت تجلب، على مستويات الشرق الروائع التي اغتنت منها البندقية، وانبهرت بها اوروبا. كما اهتمت ايطاليا بذات الوقت، ثم بلدان الشمال الاوروبي بدراسة الكثير من هذه الاشياء المدهشة، والمستندات التي تغير المفاهيم. لقد استطاعت اوروبا، بحسن معرفتها الافادة، من العبقريات التي انجبتها اقدم الحضارات في العالم، ان تستولي على اميركا التي اغنتها بدورها، واكملت ثقافتها من القرن الخامس عشر الى القرن السابع عشر.

ولكن القرن الثامن عشر يعتبر بحق البداية الباهرة لسيادة اوروبا في مملكة الفكر. وبعد قرن من الزمن فجرت الولايات المتحدة واسيا الروسية هذا الامتياز الملكي لاوروبا. في القرن الثامن عشر، مهما

كان اعجاب الانسان الاوروبي المثقف بالصيني المتحضر او بالهندي الاحمر المتوحش الطيب، فانه اي هذا الاوروبي كان يعرف ان ثقافته، وان تغذت بكل الثقافات الاخرى، هي السيدة عليها جميعاً . واذا كان من الممكن الكلام عن مشاركة في الثقافة أو في الأذواق والألوان ، فإن تفوق أوروبا في العلم لا جدال فيه ولا نقاش .

ذلك هو اذاً معنى القرن الثامن عشر، حيث نجد، بعد هذا التقديم القصير، الصورة التي ابتدأنا بها : ان اوروبا بعد ان استولت على العالم، اوجدت رهافة في الحضارة، تحمل في ذاتها خميرة التقدم. ان هذا التقدم ليس تقدم الفكر فقط، بل تقدم متطلبات الرفاه والابهة وكذلك تقدم العقل.

كل هذه الاحتياجات والرغبات والاماني والبحوث اجتمعت في قلب العلم. والعلم بدوره غذى الرفاه والابهة والعقل ايضاً . وفي هذه الحركة التبادلية الدائمة بين جسد الانسان وفكره يكمن المحرك من اجل تقدم جديد اجتماعي اداته الاساسية الاولى هي التربية والتثقيف. هذا التقدم في الآداب وفي العلوم وفي المجتمع وفي التربية، والذي اخذته اوروبا عن العالم، اخذت تقدمه للعالم .

الكتاب الأول :

العلوم النظرية

الفصل الأول :
ازدهار التحليل وتجديد الهندسة

انه حقبة تنسيق وإنجاز وتنمية وتطبيق ، ذلك هو القرن 18 . وبدأ بالانتاج المسرف ، الناتج عن المزاحمة الشديدة التي قامت بين المدرسة البريطانية النيوتنية ، وبين تلامذة ليبنيز من سكان القارة الأوروبية . وبلغ القرن ذروته مع إنتاج أولر Euler ودالمبير d'Alembert . وأوائل أعمال لاغرانج ، وانتهى مع الثورة الفرنسية ونشر الكتب الكبرى لمدرسة باريس : لاغرانج Lagrange لابلاس Laplace ، مونج Monge ، ليجاندر Legendre ولاكروا Lacroix .

المدرسة البريطانية والمدارس القارية . ساد نيوتن Newton وتلامذته في بريطانيا في مطلع القرن : وازدهرت المراكز التعليمية والبحوث في كمبريدج ، وأكسفورد ، ولندن ، وغلاسكو ، وادنبره ، بقيادة نيوتن نفسه ثم رن Wren ثم هالي ، Halley وكذلك أيضاً بفضل الجيل اللاحق الممتاز ، جيل دافيد غريغوري ، وابراهام موافر ، وروجر كوت ، ونقولا سوندرسن ، وبروك تايلور ، وروبير سمسون ، وجايمس سترلن . ولكن خضوع هذا القرن والتقيد بالتراث النيوتني ، سوف يحمل المدرسة البريطانية إلى الزوال ، ذلك ان هذه المدرسة فقدت كل حيوية في النصف الثاني من القرن .

وفي القارة الأوروبية ، حصل عكس ذلك ، فقد خلّف عصر الأنوار العديد من الأعمال القيمة التي تتالت بوتيرة سريعة ، هذه الأعمال التي طورت المكتسبات الكبرى التي حصلت في القرن السابق ، كما وسعت بشكل ضخم مجال عمل الرياضيات وفعاليتها . وفي القسم الأخير من القرن السابع عشر ، وفي مطلع القرن الثامن عشر حمل المشعل ليبنيز Leibniz وتلامذته الأولون والأخوان جان وجاك برنولي Jean et Jacques Bernoulli من مدينة « بال » والفرنسي غليوم دي لوبيتال Guillaume de L'Hopital .

وتجمعت المدرسة الفرنسية حول الاكاديمية الملكية للعلوم ، ولم تعرف في بادىء الامر شهرة واسعة . ولكنها أخذت تبرز بحق مع جيل موبرتوي Maupertuis ، وكليرو Clairaut ، ودالمبير ، الذي كرس انتصارات الفيزياء النيوتونية والحساب الليبنيزي Leibnizien بشكل متوازن . وبتأثير دالمبير والانسيكلوبيديا ، اتجهت المدرسة الفرنسية أكثر فأكثر وضوحاً نحو حزب الفلاسفة . والمقام الضخم

الذي اكتسبه في آخر القرن قام على التوافق الاستثنائي بين شخصيات بارزة جداً مثل لا غرانج، ولابلاس، وليجاندر، ومونج، وبين استعمال اللغة الفرنسية بشكل شائع جداً من قبل كل الرياضيين في القارة، ثم إنتشار عقائد الايمان بالتقدم الاجتماعي والإصلاح السياسي انتشاراً واسعاً جداً. وقد عوض النقص البارز في التعليم العلمي في الجامعات الفرنسية، تعويضاً جزئياً، في النصف الثاني من القرن، بإنشاء المدارس العسكرية والتقنية ذات المستوى العالي.

كما ان الحياة العلمية الفرنسية قد بعثت فيها الحياة بفضل المنافسة الخلاقة. التي اقامتها الأكاديميات الريفية العديدة، وبشكل خاص الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس، والتي كانت مسابقاتها السنوية، تتنازعها اعاظم العلماء من أوروبا كلها، وهو أمر بدا في تلك الحقبة من الحكم الاستبدادي المستنير كمثل وكنموذج سعى الملوك على اختلافهم إلى تقليده.

وبهذا الشأن، وعلى موازاة البعثات الجغرافية والفلكية، التي مولها الملوك، قام العديد من هؤلاء يشجعون تأسيس الأكاديميات الوطنية ومراكز البحوث والتعليم، المزودة بالمجلات العلمية الأنيقة التي مكنت العلماء من العمل ضمن ظروف مادية ملائمة نسبياً. وكان هذا شأن بروسيا مثلاً حيث جهد الملك فريدريك الثاني، منذ تبوئه العرش 1740، ان يبعث الحياة في أكاديمية برلين التي أسست على يد ليبنيز سنة 1700، ولكنها حتى ذلك التاريخ لم تكن تزاول إلا نشاطاً ضئيلاً. ونجح في استجلاب موبرتوي وأولر (من 1741 إلى 1766)، ولا غرانج (من 1766 إلى 1787). ولامبير Lambert (من 1765 إلى 1777)، الخ، وبفضل هذه السياسة القائمة على استيراد العبقريات عرفت أكاديمية برلين حقبة من الازدهار توقفت بموت فريدريك الثاني سنة 1786. إلا أن إنشاء جامعة حديثة في غوتنجن سنة 1737 أعطى المانيا الشروط لتجديد أصيل برز ببهاء في أواخر القرن بفضل أعمال غوس Gauss الأولى.

وفي روسيا أنشأ بطرس الأكبر أكاديمية سان بطرس برج (1724) واستجلب لها العديد من علماء بال، ودانيل ونقولا برنولي، وج. هيرمن، وانضم إليها أولر سنة (1727). وبقي الرياضي الكبير في سان بطرس برج حتى سنة (1741) ثم عاد إليها أيام كاترين الثانية وبقي فيها من 1766 حتى وفاته 1783، مساهماً في خلق مركز فكري لامع وجديد.

وعرفت البلدان الأخرى من أوروبا نشاطاً علمياً أقل.

ورغم المقام الجدير الذي نالته جامعات البلدان المنخفضة، لم يهتم هذا البلد إلا بالعلوم التجريبية متخلياً عن البحث النظري، أما سويسرا فعرفت مركزين شهيرين: جنيف وبال، وخاصة بال التي كانت مربية العلماء الذين، من أمثال برنولي وهيرمن وأولر الخ، أمنوا أنجلة الرياضيات في قسم من أوروبا. واحتفظت إيطاليا بتعليم ذي قيمة ولكن رغم النبوغ، قصرّ علماؤها من أمثال ميشال مانفريد Michell Manfredi، وآل ريكاتي Les Riccati، وغيودو غراندي Guido Grandi، ومالفاتي Malfatti، وحتى فاكنانو Fagnano وروفيني et Ruffini،

كل هؤلاء قصروا عن إدراك مستوى سابقيهم من القرن العظيم . نشير إلى ان أيطاليا عرفت أول أستاذة جامعية في الرياضيات ، هي ماريا غاتانا أغنيزي Maria Gaetana (1718 — 1799) وألفت هذه كتاباً مشهوراً في الحساب اللامتناهي الصغر ترجم إلى الفرنسية وإلى الانكليزية ، وتبعت اسبانيا والبرتغال والدول الأسكاندينافية ودول أوروبا الوسطى ، مسار التقدم . إلا أنها لم تساهم بشكل فعال .

الموقف الاجتماعي ونشاطات العالم الرياضي : في حين عرف القرن السابع عشر نجاح العديد من الرياضيين الهواة ، اقتصر ما قدمه القرن الثامن عشر على اعمال العلماء المتخصصين ، كأساتذة الجامعات البريطانية والايطالية والسويسرية ، وأعضاء الأكاديمية الملكية للعلوم في باريس ، والرياضيين الجوالين الذين جذبتهم برلين وسان بطرس برغ بفعل سياسة الأبهة التي اتبعها الملوك المتنورون .

ولم يقتصر الرياضيون في القرن الثامن عشر ، متجاوزين بذلك القرن الماضي ، على البحث النظري فقط . كان أولر يهتم أيضاً بالموسيقى مثل اهتمامه بالبصريات وبنظرية السفينة . ودالمبير كان فيلسوفاً وأديباً واعتنى بالموسيقى وبالميكانيك التطبيقي وبعلم الفلك وشارك مشاركة مهمة في صياغة الانسيكلوبيدية . أما لابلاس الذي كان يقوم بآن واحد ببحوث في الرياضيات الخالصة ، وبالميكانيك السماوي ، وبحساب الاحتمالات ، فمع ذلك حرر مع لافوازيه Lavoisier ، مذكرة اساسية حول نظرية الحرارة . إن عصر الأنوار هو بذات الوقت عصر الانسيكلوبيديا . وإذا كان بوفون Buffon ، وريومور Réaumur ، قد بدآ حياتها بأعمال في الرياضيات ، فإن الرياضيين أمثال مونج وليجاندر ومسنيه ولابلاس ، قد وقعوا في سنة 1785 المحضر العائد إلى تجربة لافوازيه بشأن تركيب الماء . إنها مسألة ذوق ، ربما ، ولكنها أيضاً ، مقتضيات العمل الأكاديمي الذي يوجب العمل المشترك ، وتوجه عملي من توجهات المسابقات التي كانت تحدث كثيراً وكانت مرغوبة جداً ، وكانت تنظمها الأكاديميات الرئيسية .

هذا الاستعراض الشامل والموجز ينير قليلاً العرض الذي يتناول المساهمات الرئيسية خلال القرن الثامن عشر ، في مجال الرياضيات . وهذه الدراسة ، التقنية بحكم الضرورة ، سوف تقتصر مع ذلك على المراحل الأساسية وعلى المساهمات الأكثر أهمية ، وسوف تجبرنا الصعوبة المتزايدة في المواضيع المدروسة على اختصار الشروحات الدقيقة جداً ، وعلى الانتقاء القاسي . إن التصنيف بحسب المواد ، والضروري لفهم تقدم كل فرع ، يجب ان لا ينسينا على كل حال ، بأن أكثر الرياضيين في القرن الثامن عشر كانوا يستطيعون الاهتمام بمجمل حقولهم .

I ـ تطور التحليل اللامتناهي الصغر

1 . التلامذة المباشرون عند ليبنيز ونيوتن Leibniz- Newton

بدايات الحساب الجديد فوق القارة الأوروبية ـ ان أول مذكرة خصصها ليبنيز للحساب الجديد

نشرت سنة 1684 في : «اكتا ايريدو تورم» في ليبزيغ . وقد مرت غير ملحوظة إلا من قبل الالماني ي. و. فون تشيرنهوس، E.W. Von tschirnhaus، الذي صحح فيها بعض الاغلاط، ومن قبل بريطانيين ج. وليس J.Wallis وج. كريغ J.Craig وعين جاك برنولي Jacques Bernoulli أستاذاً في جامعة بال سنة 1687، فتخصص في حسابات ليبنيز وأصبح داعية ناشطة لها . وفي سنة 1690، علم أخاه جان علمها . وتولى هذا بدوره، أثناء إقامته في باريس في سنة 1690 – 1691 التعريف بالمناهج الليبنيزية في محيط مالبرنش Malebranche، ثم تولى فيها بعد اعطاء الدروس للماركيز دي لوبيتال وحرر باسمه كتاباً في الحساب التفاضلي والتكاملي استعمل القسم الاول منه كأساس « لتحليل المتناهيات الصغر » الذي وضعه ج. دي لوبيتال .

وسرعان ما فهم التلامذة الأولون لليبنيز كتابه : « اكتا ايريدوتورم » حيث نشر ليبنيز القسم الأكبر من مذكراته . وحاول هؤلاء التلامذة ، وقد تحمسوا وأخذوا بقوة الحساب الجديد ، ان يطوروا مبادئه وأساليبه ، وان يحلوا العديد من المسائل التطبيقية التي تعرض عليهم . ولكن جو المنافسة الشريفة الذي كان سائداً في البداية ، تحول بصورة تدريجية نحو مناخ من المزاحمة المرة ، فحاول كلٌ منهم أن يحل كل المسائل المعروضة وان ينشر مسائل جديدة من شأنها أنْ تعجز العلماء الآخرين .

إلا أن العديد من النتائج قد حصل ، وهذه المسائل ، وإن لم تكن منظمة ، ساعدت في توسيع النقاش وفي تسريع سير التقدم . وسرعان ما فتحت « جريدة العلماء » في باريس ، منبرها لتلامذة ليبنيز . في حين ، في انكلترا اتاحت « المبادلات الفلسفية » لتلامذة نيوتن ، وقد أثارت حميتهم تجاحات الجيومتريين في القارة الأوروبية ، السبيل إلى التدخل في المناقشات .

وحل جاك برنولي ، الذي عالج ، منذ 1689 ، مسائل مهمة حول السلسلات ، حل في السنة التالية مسألة الخط المتساوي الديمومة Isochrone الذي وضعه ليبنيز سنة 1686 . وبذات الوقت اقترح البحث في التسلسلية ، وهي مسألة حلها هويجن وليبنيز وجان برنولي ، قبل ان يوسعها هو نفسه لتشمل حالة المنحني غير المتناسق ، ثم شكل الشراع القابل للانطواء والمنفوخ من قبل الهواء . وفي سنة 1619 بينما كان ليبنيز ينشر دراسة تربيع المخروطات ،حدد جاك برنولي ممارسات الخطوط الحلزونية البيضاوية واللوغاريثمية ، وكذلك .المماسات، ذات السير المنحرف ، وحقق تربيع وتصويب هذه المنحنيات . وفي هذه السنة بالذات حدد جان برنولي المماسات والمنحنيات، وأشعة منحنيات العديد من المنطوح المعوجة ، وقدم أحد أول الأمثلة في استعمال الاحداثيات (Coordonées) القطبية (التي سبق لنيوتن ان ادخلها في المبادىء ، وفيها بعد عالج أخوه مختلف الخطوط المنحنية : السطوح الضوئية البؤرية (كوستيك) ، الخطوط المنحنية بفعل الدوران ، المنحني المطاطي ، تحت الدويرية (هيبوسيكلويد) ، الخ . اما ليبنيز فحدد غلاف اسرة من المنحنيات ذات الوسيط (او المسافة بين مركز الخط المنحني وخط تحركه) وقدم ، تحت شكل جديد ، نظرية المتطورات والمطورات. وهناك العديد من المسائل في الجيومتريا اللامتناهية الصغر ، وفي الميكانيك ، وفي الحساب التكاملي ، قد عولجت بالتالي بمناسبة التحديات ، المتكاثرة التي تتالت في الصحافة الدولية . ونشير بشكل خاص إلى

الموضوع المشهور ، في الجيومتريا اللامتناهية المقترح ، في سنة 1692 ، من قبل فيفياني Viviani ، وكذلك مسألة منحنى النزول الأسرع (براشي ستوكرون) . وعالج ليبنيز هذه المسألة الأخيرة كمسألة قصووية راداً إياها إلى التبيين الذي أقامه فرمات Fermat ، بالنسبة إلى قانون الانكسار الضوئي . وهناك مسألة أخرى مسألة المحيط المتجازيء : وقد كرست هذه المسألة علناً الخلاف بين الأخوين برنولي . ولكنها أتاحت لجاك برنولي ان يضع أسس الطريقة الأولى لحساب التغيرات . والحل الذي أعطاه لهذه المسألة ، سنة 1701 ، حُسِنَ فيما بعد من قبل تايلور وجان برنولي وأولر . نشير أيضاً إلى حل مسألة المسارات المستقمة أو العامودية الزوايا ، وتحديد الخطوط الأقصر بين نقطتين ضمن بعض السطوح .

المصاعب الأولى : أتاح قيام المركيز دي لوبيتال ، سنة 1696 ، بنشر كتابه « تحليل المتناهيات الصغر » نشر المبادىء والطرق العملية بالحساب الجديد . إلا أنه ، في حين ان كل المصاعب المنطقية التي أثارها تدخل العمليات اللامتناهية ، لم تجد حلولاً ، عملت الرغبة بالاستمرار في الطريق المجدي ، طريق التطبيقات العملية ، على إبعاد إنتباه الجيومتريين عن هذه المسائل الأساسية .

لا شك انه قد قامت عدة محاولات توضيحية ، وعلى عدة دفعات ، ولكنها لم تستطع تخفيف الأذى الناتج عن المهاجات التي قام بها المناطقة ضد مبادىء الحساب الجديد . إلا ان نقص الجدارة البادي لدى معارضيه الجيومتريين في القرن الثامن عشر ، فيما خص مسائل التقنية الرياضية بالذات ، والثقة العظيمة لدى هؤلاء الجيومتريين المشغولين قبل كل شيء بالفعالية والتنفيذ ، كل ذلك يفسر احتقارهم لمسائل التعنت المنطقي الذي سوف يضايق في القرن التاسع عشر كلاً من كوشي Cauchy ، وبولزانو Bolzano ، وابيل Abel .

ومنذ 1694 و 1695 حكم الهولندي ب. نيوونتيت B . Nieuwentijt بالغموض وبالخطورة على طرق بارو Barrow ، ونيوتن Newton ، وليبنيز Leibniz . وكان جواب هذا الأخير ، جواب ضيق في الواقع ، ويدل على نوع من التردد بشأن طبيعة التفاضليات . واستعيد النقاش سنة 1700 ، وذلك عندما هوجم كتاب دي لوبيتال ، المدافع عنه من قبل ناريئون وسورين Narignon et Saurin ، هجوماً عنيفاً من قبل الديكارتيين في اكاديمية علوم باريس . وكرس تراجع اعظم المعارضين ، وهو الجبوي ميشال رول Michel Rolle ، النصر النهائي للحساب الجديد في فرنسا ، نصراً ساعد على تمتينه ، نشر كتاب « طريقة قياس السطوح » لمؤلفه كاري (باريس 1700) وكتاب « التحليل المبين » لمؤلفه رينو (مجلدان ، باريس ، 1708) .

النزاع حول الأفضلية : ولكن في ذلك الحين كان على التحليل الجديد ان يخوض معركة قاسية هي النزاع حول الأسبقية والذي قام بين أنصار ليبنيز ، وانصار نيوتن وشكل حدثاً مؤلماً كانت له عواقب مؤسفة بشكل خاص .

فبعد 1685 ، وبعد نشر المذكرة الأولى لليبنيز بقليل ، اعلن ج. وليس وج . كريغ ان هذه الرسالة مستوحاة مباشرة من أعمال بارو ومن أعمال نيوتن . وعاد الجيومتري السويسري ن . فاتيو دي

دوليي N . Fatio de duiller الاتهام في مجالسه الخاصة أولاً ثم علناً في سنة 1699 . ورد ليبنيز دون أن يشير إلى نيوتن بصورة مباشرة . وعلى كل قام هذا الأخير في سنة 1704 ونشر (كملحق لكتابه أوبتيكا) ، رسالة عنوانها : « تراكتاتوس كوادرا تورا كورفاروم » وكانت هذه الرسالة قد كتبت سنة 1693 ، بقصد تجميع الأقسام الرياضية من كتاب « المبادىء » بشكل منهجي . وخفت حدة الخلاف بعض الوقت ، ثم اندلعت من جديد في سنة 1708 ، عندما اتهم احد تلامذة نيوتن ، جون كيل John Keil ليبنيز، علناً بالسرقة . وبعد الاحتجاج ، لم يتراجع كيل بل زاد في اتهاماته . وعندها طلب ليبنيز تحكيم نيوتن ، والجمعية الملكية ، فكلفت هذه الأخيرة لجنة لجمع المستندات المتعلقة بهذه القضية وتنظيم تقرير مفصل .

ونشر هذا التقرير « كومرسيوم ابيستوليكوم » سنة 1712 ، وأعيد نشره عدة مرات . ويفهم منه أن ليبنيز لم يضع « حسابه » إلا بعد ان اطلع على تفاصيل واضحة حول حساب التفاضل النيوتني . وانزعج ليبنيز من التقرير خصوصاً وإنه لم يؤخذ رأيه ولا شهادته في الموضوع ، وساعد الجدل غير المباشر ، المرير الثقيل ، الذي نتج عن الأمر بين مؤلفي الحساب اللامتناهي ، ساعد على توسيع الهوة التي عزلت طيلة قرن تقريباً الرياضيين الانكليز من علماء القارة . واستمر الخلاف بفعل نشر الكتاب المنحاز « تاريخ التفاضل » لرافسون Raphson (لندن 1715) حتى إلى ما بعد موت ليبنيز (1716) . وظل الأمر كذلك حتى القرن التاسع عشر ، عندما بينت مستندات جديدة اكتشفت ان المستندات « الدامغة » التي نشرها التقرير كومرسيوم ابيستو لاكوم ، لم تكن في حوزة ليبنيز ، وبالتالي فإن اتهامه بالسرقة لم يكن صحيحاً .

جهود المحللين الانكليز: وكان انتشار طريقة التفاضل أو التدفقات أبطأ من انتشار تحليل ليبنيز . واحد أسباب هذا التأخر هو النشر المتأخر جداً «لمحاولات» نيوتن، وهي محاولات، فضلاً عن مبادىء طريقة التفاضل ونظرية السلاسل ، عالجت حل المعادلات التفاضلية ، ومسائل الجيومترية اللامتناهية ، ومسائل الميكانيك والجبر . فضلاً عن ذلك دلت الكتب حول حساب التفاضلات المنشورة من قبل ش . هَيس Ch . Hayes (1704) وهـ . ديتون H . Ditton (1706) ، وج . هودسون J . Hodgson (1736) ، وت . سيمبسون Th . Simpson (1737) ، وس . ماكلورين C . Maclaurin (1742) ، وج . روو J . Rowe (1751) ، ون . سوندرسون N.Saunderson (1751)، دلت هذه الكتب على الاهتمام المتحيز الذي وجهه العلماء البريطانيون نحو طرق نيوتن ورمزيته .

في هذه الأثناء ، خلف نيوتن بعض التلامذة العظام . ومن أعظمهم روجر كوت Roger cotes. ، (1682 — 1716) الذي تولى الطبعة الثانية من كتاب المبادىء (1713) ، ورسالته (هرمونيا منسورازوم)، نشرت بعد موته (1722) وتضمنت نتائج مهمة حول جذور الوحدة وحول تكامل الكسور الصماء وحول نظرية التفاضلات ، فضلاً عن عدة مسائل في الجيومتريا اللامتناهية .

ويدين بروك تايلور Brook Taylor (1685 — 1731) بشهرته الى المعادلة التي تحمل اسمه والتي تقدم شرحاً للدالة f(x) ذات القيمة (x + h) بالنسبة إلى المتغير المستقل القريب من قيمة x :

$$f(x+h) = f(x) + hf'(x) + (h^2/2)f''(x) + (h^3/3!)f'''(x) + \dots$$

والتي ظهرت في كتابه الرئيسي : ميتودس انكريمونتوروم . . . (لندن 1715) ـ وحالة x = 0 الخاصة والمعروفة باسم مكلورين الذي اعاد اكتشافها سنة 1742 ، بعد أن كان تايلور Taylor قد أشار إليها ، ثم عبر عنها سترلن Stirling ، سنة 1717 . إلا أن تبني تايلور كان ناقصاً لأنه لم يحسب حساباً لتلاقي السلسلة . وأهمية هذا التطور لم تعرف إلا سنة 1772 بفضل لاغرانج . وبيانها الأول الصحيح أعطي سنة 1823 من قبل كوشي Cauchy . ادخل تايلور في كتابه ايضاً حساب الفروقات المنتهية ، وأطلق تحديد الحلول الفريدة للمعادلات التفاضلية ، وعمق دراسة التغيرات في المتغير المستقل ، (وهي تغيرات استعملها ايضاً نيوتن وبعض تلامذة ليبنيز) . وقد عالج أخيراً أحد أوائل الأمثلة في مسائل الفيزياء الرياضية ، وهي تحديد تردد الذبذبات وتحديد شكل الوتر المتذبذب بعد معرفة طوله ووزنه وشدّه . ويستحق ابراهام دي موافر Abraham de Moivre، وج. سترلن J. Stirling الذكر ايضاً بالنسبة إلى أعمالها حول نظرية المتابعات والمتسلسلات .

إلا أن نظرية التفاضل أو التدفقات تطورت دون الالتفات الكافي إلى مبادىء الحساب الجديد . وكانت هناك ردة فعل ملائمة سنة 1734 ، عند نشر مقال انتقادي بعنوان « اناليست » . . . وفيه ينتقد الفيلسوف الشهير المثالي جورج بركلي George Berkeley ، وهو يعترف بجدوى التحليل الجديد ، الضعف المنطقي في أساليب التقديم المعتادة ، وبخاصة الاستعمال الكثير لعملية الاستقراء (الانطلاق من الجزئي إلى الكلي) . وكان لهذه الانتقادات صدىً كبير ، ونوقشت الردود الأولى ، وخاصة ردود جيمس جورين James Jurin، وردها بركلي Berkeley بسهولة ، ولكن ب. روبنس B.Robins وهـ. بنبرتون H.Pemberton حسنا فيها. وساعدت هذه المناقشات في توضيح بعض أسس الحساب التفاضلي ، وطريقة الحدود ، كما حفزت المؤلفين على الانتباه لمسائل المنطق . واعتبرت « رسالة التفاضل » التي نشرها سنة 1742 مكلورين Maclaurin ، معلماً يدل على مرحلة مهمة في هذا السبيل . إلا أن هذه الرسالة ، بتخليها عن الأساليب التحليلية لصالح الطرق الجيومترية والميكانيكية ، وجهت الرياضيات البريطانية في طريق قليل الخصوبة . وقد حاول جون لاندن John landen (رزيديال انا ليزس 1764) ان يركز « الحساب » على مبادىء يقبلها الجميع في الجبر وفي الجيومتريا « بدون اللجوء إلى أي مبدأ أجنبي مرتكز على حركة خيالية أو على اللامتناهيات غير المفهومة » .

ولكن للأسف لم تنجح هذه المحاولة المرتكزة على تصور غير دقيق لمفهوم الحد ، وأصبح من الواجب الانتظار حتى سنة 1820 لكي يعود التحليل الانكليزي إلى حيويته ، بفضل العودة إلى الكتب المستوحاة مباشرة من طرق ومن ملاحظات وضعتها القارة الأوروبية .

2 ـ توسيع التحليل وتطبيقاته

بعد البدايات الخصبة، وغير المنظمة نوعاً ما، للحساب الجديد، عرفت القارة مرحلة نمو أكثر هدوءاً، بخلالها انتشرت المكتسبات السابقة وتنظمت، وبذات الوقت نشأت فروع جديدة للتحليل وتطبيقاته.

الصناع الجدد : لحظ موت ماكلورين في سنة 1746، وموت جان برنولي سنة 1748، زوال التلامذة الأخيرين والمباشرين لنيوتن ولبينز. في هذه الحقبة أصبح تقدم التحليل بين يدي جيل جديد، جيل دانيال برنولي (1700 ــ 1782) وأولر (1707 ــ 1783) وكليرو (1713 ــ 1765) Clairaut، ودالمبير (1717 ــ 1783) أكمله باستمرار جيل لاغرنج (1736 ــ 1813) ومونج (1746 ــ 1818) ولابلاس (1749 ــ 1827) وليجاندر Legendre (1752 ــ 1833) الذي وصل بين القرن 18 والقرن اللاحق. وكان هناك اسمان اسم أولر ولاغرانج، يسيطران على هذه الكوكبة الرائعة. بعد أن درس أولر تحت رعاية جان برنولي، ترك مدينة ولادته بال، وعمره عشرون سنة واشتغل في سان بطرس برغ من 1721 إلى 1741، ثم في برلين في أكاديمية فريدريك الثاني واستدعته أخيراً كاترين الثانية سنة 1766، فأمضى السنوات الأخيرة من حياته في أكاديمية سان بطرس برغ. وكرس نفسه للعمل العلمي، فجمع مجموعة ذات غنى استثنائي. وكانت مجموعته «اوبرااومنيا» اثناء الطبع، وشكلت حوالى 69 مجلداً قطع الربع. وجمعت حوالى 900 عمل مخصص للرياضيات والبصريات والفلك والعلم البحري ونظرية التأمينات الخ.. وعدا عن كتابه: رسائل إلى أميرة المانية (طبعة أولى بالروسية سنة 1768) وهو كتاب تبسيطي ترجم إلى عشر لغات ولاقى انتشاراً ضخماً، عرفت كتبه الرياضية الخالصة نجاحاً كبيراً، ولعبت دوراً أولياً في التنسيق بين مختلف فروع التحليل، وفي تكوين عدة أجيال من الرياضيين وكان أشهر هذه الكتب: «مدخل إلى التحليل اللامتناهي»، مجلدان لوزان 1748. وترجم هذا الكتاب إلى الفرنسية والالمانية وأصبح كتاباً كلاسيكياً بسرعة وقد خصص مجلده الأول لدراسة الدالات عموماً والدالات الاسية واللوغاريتم وعلم المثلثات بشكل خاص، وللتطور التسلسلي ثم للحل المقارب للمعادلات وللعديد من المسائل المتعلقة بنظرية الأعداد. وعالج المجلد الثاني الدراسة التحليلية للسطوح المنحنية والمساحات.

هذا الكتاب العظيم بوضوحه ورغبته في التوليف بين المعارف المتنوعة تضمن العديد من النتائج الجديدة المهمة. وفي مجال الحساب اللامتناهي. نشر أولر كتباً مهمة: قواعد الحساب التفاضلي 1755، قواعد الحساب التكاملي، (3 مجلدات 1768 ــ 1770) ضما كل النتائج المتراكمة في هذا المجال الواسع، مضيفاً إليها العديد من المساهمات الشخصية ولم تستبدل هذه الكتب إلا في أواخر القرن بكتب لاغرانج وبكتاب الحساب التفاضلي والحساب التكاملي اللذين وضعهما س. ف. لاكروا (مجلدان، باريس، 1797 ــ 1800؛ ط3,2 مجلدات، 1810 ــ 1819).

ولد لاغرانج في تورينو 1736. وبرز باكراً كرياضي متفوق. وكان في بادىء الأمر استاذاً في

مدرسة المدفعية في تورينو سنة 1766، وبناءً على توصية دالمبير وأولر، خلف هذا الأخير في أكاديمية فريدريك الثاني في برلين . وفي سنة 1787 ، وبعد موت العاهل ، قبل دعوة لويس السادس عشر وذهب إلى باريس حيث استقر بصورة نهائية . وفي سنة 1788 نشر كتابه الأول الكبير « الميكانيك التحليلي » ، وطبعه طبعة ثانية ، قسم منه بعد وفاته (مجلدان باريس 1813) . وعلم في مدرسة دار المعلمين من السنة الثالثة ثم في مدرسة بوليتكنيك . وكون العديد من التلامذة ، واستخرج من تعليمه مادة عدة كتب : نظرية الدالات التحليلية (1797) ، ثم كتاب حل المعادلات العددية 1898 ، ثم دروس في حساب الدالات 1799 . وعينه نابوليون الذي كان معجباً بعبقريته شيخاً ثم كونت. وظل لاغرانج حتى وفاته سنة 1813 يمارس تأثيره العميق على المدرسة الرياضية الفرنسية الناشئة . وكانت مؤلفاته الأقل عدداً وانتشاراً من مؤلفات اولر ، تعادل هذه الأخيرة من حيث تنوعها واهميتها . وكانت مذكراته وكتبه اي كتب لاغرانج ومذكراته ، رائعة من حيث وضوحها واناقتها . وكانت تتضمن كلها نتائج مهمة واصيلة وتعرض الطرق التي تجدد في الغالب ، المواضيع المدروسة

أما مقدمات المحللين الأخرين في تلك الحقبة ، وإن كانت قيمتها لاينازع بها ، إلا أنها قد « كسفت » بهذين العملين الضخمين . وبعض هؤلاء المحللين ، مثل دانيال برنولي ،كليرو ودالمبير ولاندن أوليجندر ، لم يهتموا إلا ببعض نواحي التحليل ، وكان هناك آخرون يرون التحليل كتابع متمم لبحوث اخرى : علم الفلك وعلم الاحتمالات ، في نظر لابلاس ، أو الجيومتريا اللامتناهية في نظر مونج . وربما كان دالمبير وحده هو الذي عالج بكفاءة ، مسائل تتعلق بمختلف فروع التحليل . ولكن انتاجه الرياضي تأثر بفعل نشاطه في المجالات الأخرى وربما كان معادلاً لأولر ، إلا أنه فضل ان يساهم مساهمة ناشطة في كتابة الانسيكلوبيديا ، وفي تطوير الحركة الفلسفية .

المعادلات التفاضلية : إن المسائل المتنوعة التي تعرض لها مؤسسو الحساب اللامتناهي وتلامذتهم ، جعلتهم جميعاً على اتصال مع العديد من نماذج المعادلات التفاضلية ، سعياً وراء حلها ، بوسائل خاصة في اغلب الأحيان . في هذه الأثناء ، وبمقدار ما كانت النتائج تتجمع ، والملاحظات تتوضح ، وضعت قواعد عامة موضع التوضيح ، قواعد كان علماء القرن الثامن عشر قد وسعوها ووضحوا شروط استعمالها . ودرست نماذج جديدة من المعادلات ، هكذا ، بشكل منهجي متزايد ، في ذات الوقت تم التثبت من بعض المصاعب . وتكون الدرس الكلاسيكي للمعادلات التفاضلية ، أثناء هذه الحقبة ، دون أن تتوضح ، في كل حال شروط وجود الحلول . ومنذ 1691 استعان جان برنولي بعامل تكاملي في حل معادلة تفاضلية . ووضع اولر نظرية حول هذا العامل ، مستخدماً معايير التكاملية، المدروسة من قبل كليرو وفونتين ومن قبله هو نفسه . واستعملت بشكل واسع طريقة تغير الثوابت ، التي سبق واستعملها جان برنولي سنة 1693 . أما المعادلات التفاضلية الخطية ذات المعاملات الثابتة فقد كاملها أولر سنة 1750 . وفي سنة 1724 اقترح ج . ف . ريكاتي J . F . Riccati ، المعادلة الشهيرة : $Y' = f(x) + yg(x) + y^2 h(x)$ وحلها بواسطة بعض الحالات الخاصة ، فضلاً عن ذلك بينّ دالمبير كيف يمكن حل بعض المعادلات التفاضلية بواسطة نظام معادل أو

مساوي . ووجود حلول فريدة، وهو وجود قال به تايلور ، تأكد وتثبت من قبل كليرو الذي استخدم ، وفقاً لمثل المعادلة التفاضلية التي تحمل اسمه ، طريقة تفاضل أو تفريق المعادلة الأساسية . وتمت العودة إلى دراسة الحلول الفريدة من قبل اولر ولابلاس ولاغرانج ومونج الذين وضّحوا غالبية المصاعب . نشير ايضاً إلى إدخال اولر السلاسل فوق الجيومترية ـ بعد ان ربط بها تجميع حل المعادلة التفاضلية الخطوطية من المرتبة الثانية ـ ومختلف أنماط الدالات مثل دالات B (x,y) ودالة $\Gamma(x)$ ، الخ

اما المعادلات ذات التفاضليات الشاملة فقد درسها بشكل خاص اولر ولاغرانج . ووضح مونج Monge المعنى الجيومتري لتفاضليات هذه المعادلات التي لا يتوفر فيها شرط التكاملية مستبقا بالتالي بحوث ج . ف . بفاف J.E. Pfaff .

وكان حساب الفروقات المنتهية، قد ادخل منذ القرن السابع عشر ، فعكف على دراسته تايلور وكوت واولر ولاغرانج ولابلاس، واستعمله هذا الأخير، بعد مونتمور Montmort وموافر Moivre في حساب الاحتمالات .

المعادلات ذات المشتقات الجزئية : وبدت مشتقات الاسات ذات المتغيرات الكثيرة ، او المشتقات الجزئية ، بشكل ترقيمات غير واضحة تماماً ، في بعض اعمال نيوتن وليبنز والأخوين برنولي . ولكن هذه المعادلات ذات المشتقات الجزئية ، رغم دخولها في كل المسائل التحليلية المتعددة المتغيرات ، فهي لم تدخل علناً إلا في سنة 1734 ضمن هذه المسائل ، وذلك على يد اولر ، ولم تبدأ دراستها بشكل منهجي إلا في سنة 1747 حيث تناولت مثل المعادلة ذات المشتقات الجزئية من الأوتار المتذبذبة $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$. التي وضح حلها دالمبير في المعادلة $u = f(x + at) + \varphi(x - at)$ حيث f و φ دالتان كيفيتان محددتان جزئياً بشروط الحدود والتضيقات التي ادخلها دالمبير على اختيار هذه الدالات ، انتقدها اولر الذي أكد انه من الواجب قبول كل دالة محددة بخط مرسوم كيفما كان ، كما انتقدها برنولي الذي اقترح تمثيل الحلول بسلاسل تريغونومترية (مثلثاتية) . وتدخل كلّ الرياضيين من تلك الحقبة ، في الجدل الذي حسم في القرن التاسع عشر عندما تم تحديد مفاهيم الدالة والسلسلة التريغونومترية بشكل دقيق .

في هذه الأثناء ، وعلى موازاة توسع تطبيقات هذه المعادلات الجديدة في الميكانيك والفيزياء الرياضية ، كانت دراستها التحليلية تتقدم بسرعة . وشارك أولر ودالمبير ولاغرانج مشاركة فعالة في الكشف عن هذا المجال الجديد . وفي حين كانت معادلات الدرجة الأولى قد حلت بشكل عام من قبل لاغرانج ، وفسرت هندسياً من قبل مونج ، في هذه الأثناء كانت أنماط مختلفة من معادلات الدرجة الثانية تعالج متسببة بادخال تطويرات على السلاسل التريغونومترية وعلى السلاسل ذات الدالات الكروية البسيطة أو العامة . الخ . وفي حين كان لاغرانج يوضح من وجهة نظر تحليلية خالصة ، العديد من نواحي هذه النظرية الشديدة الدقة ، كان مونج ، وهو يشدد بصورة خاصة على التطبيقات في الجيومتريا اللامتناهية ، يبدع طريقة جديدة في التكامل الجيومتري ، تطبق بشكل خاص على فئة

مهمة من المعادلات ذات الاشتقاقات الجزئية من الدرجة الثانية ، ذات الشكل $Ar + 2Ks + Lt + M = 0$. وتعتبر نظريته حول السمات نموذجاً لدراسة تحليلية جيومترية ، الهمت لعديد من المؤلفين في القرن التاسع عشر ومنهم سوفوس لي Sophus Lie الذي أقر بأن أسس نظريته في تحول التماس موجودة في أعمال مونج .

إنشاء حساب التغيّرات : شعر أولر وهو يعود سنة 1728 إلى تنسيق مختلف المسائل ذات العلاقة بالقصويات التكاملية ، التي سبق ودرستها مدرسة ليبنيز في أواخر القرن السابع عشر ، شعر اولر بضرورة ادخال طرق اعم ، في هذا المجال . وبعد ان درس المسألة الشهيرة مسألة المحيطات المتجازئة المتساوية (ايزوبريمتر) ، نشر كتاباً شاملاً : « ميتودوس انفينيتدي . . . لوزان 1744 » حيث عرض الطريقة الأولى العامة من أجل حل مسائل القصويات . وخلق بهذا ميدان علم جديد سماه في سنة 1766 : حساب التغيّرات . اما تحليله العقلاني ، فرغم تعقيده من ناحية تعمقه بالعناصر الجيومترية ، وبالفروقات المتتالية وبالسلاسل ـ فقد ادى به إلى صيغ عامة بسيطة وأنيقة طبّقها على العديد من الأمثلة .

وفي مذكرة شهيرة ، نشرت سنة 1762 في المجلد 2 من كتاب : « ميسيلانا تورينانسيا » أعطى لاغرانج الشاب ، وهو يدخل رمزية اكثر ملائمة ، اعطى اساساً تحليلياً خالصاً للصيغ التي ابتكرها اولر ، مع تعميمه المسألة التي درست بفعل الغاء شرط ثبوتية اطراف المتكاملة المدروسة . وعرف اولر تفوق تبيين لاغرانج ، فاستخدم فيما بعد هذه الطريقة الجديدة .

وخصّص لاغرانج عدة دراسات لاحقة لهذا الحساب الجديد، طبقها بشكل خاص على موضوع السطوح الدنيا كما طبقها على انجاز نظامه في الميكانيك التحليلي . وفي سنة 1788 أعلن ليجاندر عن معيار يمكن ان يسمح بتمييز القصويات والدنيوات . أما تبيانه ، الذي كانت تنقصه الدقة فإنه لم يصحح الا في سنة 1836 على يد جاكوبي Jacobi .

المفهوم العام للدالات : يعود منشأ فكرة الدالة الى ايجاد الجيومتريا التحليلية من قبل فرمات Fermat وديكارت Descartes . وبهذا الشأن ليس اعتبار الإحداثية الصادية لخط منحن مطابقة للاحداثية السينية سوى النقل الجيومتري لهذا المفهوم . ولم يظهر هذا المفهوم بمظهره التحليلي الخالص إلا بعد إيجاد الحساب اللامتناهي وهو يأخذ بصورة تدريجية معنى أكثر وضوحاً عند نيوتن وليبنز وتلامذتهما . وبعد أن مر بعدة تسميات متنوعة ، ظهرت كلمة دالة (Fonction) عند ليبنيز وتوضحت عند جان برنولي الذي حدد ، في سنة 1718 دالات متغير مثل الكميات المركبة بأي شكل كان ، من هذا المقدار المتغير ومن الثوابت . والترقيم الحديث البسيط جداً $f(x)$ ، أوجده أولر وكليرو .

قام أولر سنة 1748 في كتابه « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » بدراسة منهجية للدالات الأولية ، وصنفها بحسب نموذج تكوينها ، جبرية ، أو تصاعدية ، ظاهرية أو ضمنية ، موحدة الشكل او متعددة الشكل . وحقق هذا التصنيف تقدماً مهماً رغم ان التعريف الذي اعطي للدالات

التصاعدية ، يبدو اكثر ضيقاً وحصرية ، وفي سنة 1749 قادت دراسة المعادلة ذات المشتقات الجزئية في الاوتار المتذبذبة ، اولر إلى توسيع مفهوم الدالة العامة وإلى القول بأنها يمكن ان تحدد بخط منحن مرسوم كيفما كان فوق سطح . والغموض الناتج عن تواجد هذين المفهومين لن يزول إلا في القرن التاسع عشر على يد فوريه وعلى يد لوجون ـ ديريكلي Le jeune — Dirichlet اللذين شرحا بذات الوقت العلاقات القائمة بين المفهوم العام للدالة ، والتطور ضمن سلسلة تريغونومترية ادخله دانيال برنولي ، وظل هذا التطور لمدة طويلة يعتبر اكثر ضيقاً من حل اولر .

دالمبير D'Alembert ونظرية الحدود : وبدون اعطاء الانتباه الكافي لمبادىء الحساب الجديد ، لم يهمل علماء القرن الثامن عشر دراسة هذه المبادىء اهمالاً تاماً . فقد استخدم فونتينيل Fontenelle في كتابه « عناصر جيومترية اللامتناهي (باريس 1727) اللامتناهي الكبرو اللامتناهي الصغر ، مع قبوله بوجود اللامتناهي الحالي ، من الدرجة الأسية المطلقة ، من اجل تمثيل دوغماتيكي لمجمل المسائل المتعلقة باللامتناهي . وهذه الوجهة من الرأي ، كانت موضوع جدل مر به من قبل أهم الرياضيين الرئيسيين .

وفي حين حملت انتقادات بركلي Berkeley المدرسة البريطانية على تعميق مجمل مفاهيم حساب التفاضل ، عرض دالمبير ، في الانسيكلوبيديا وفي : « توضيحات حول عناصر الفلسفة » 1767 ، مستلهماً مفاهيم وأفكار روبنس Robins و ملكورين Malcaurin ، عرض خصائص اللامتناهيات الصغر من مختلف المراتب بشكل عصري جداً ، وإنشاء التحليل حول نظرية الحدود . ورغم ان هذه النظرية مركزة بشكل غير كاف فقد استخدمت ، مع ذلك كأساس للعرض الدقيق الذي قام به عنها كوشي في القرن اللاحق . وعرفت نظرية دالمبير هذه نجاحاً كبيراً ، ولكنها لم تنل موافقة اولر ، الذي كانت وجهة نظره ، وإن غير واضحة تماماً ، أقرب قليلاً إلى وجهة نظر فونتينيل .

نظرية الدالات عند لاغرانج : Lagrange : جهد لاغرانج ، وهو يرى ان طريقة الحدود مشوبة بلجوء إلى الميتافيزيا ، وشاكاً بدقة طريقة اللامتناهيات الصغر ، بعد 1772 بأن يؤسس التحليل على الطرق الجبرية ، وبصورة خاصة على استعمال التجذيرات بالسلاسل التي قال بها Taylor . وقد وسعت مفاهيمه فيما بعد وعرضت بشكل اكثر منهجية في كتابه « نظرية الدالات التحليلية » 1797 ، وفي « دروس حول حساب الدالات » 1799 . .

وشرع بدراسة التجذير التايلوري لدالة عند مجاورتها للقيمة a من المستقل المتغير ، وفهم أهمية الباقي ، ولكنه اهمل دراسة شروط الوجود والتثبت من ان التجذير الحاصل يمثل تماماً الدالة الاساسية ، وهو ضعف تميزت به حقبة قلما انتشر فيها مفهوم الدقة ، سواء في الجبر ام في التحليل . وبتفريع السلسلة الحاصلة، وما فيها من بساق، عرف الدالات المشتقة ـ ورقمها $f'(x), f''(x)$ الخ . بواسطة المعاملات المتتالية في التجذير . وانتقدت هذه المحاولة في عصره: لترقيماتها ، واستعمالاتها غير المريحة ، فسقطت نتيجة غموض المفاهيم المتعلقة بتلاقي السلسلات ، وبمفهوم الدالة العشوائية بالذات . إلا انها امتازت ، مع ذلك ، بجذب الانتباه إلى الدراسة المجردة ،

دراسة الدالات ، التي بواسطة كوشي Cauchy وريمان Rieman ،وويرستراسWeirstrass ، ادت إلى خلق نظرية الدالات المتغيرات الفعلية . واثرت هذه المحاولة ايضاً في تطوير نظرية وظائف المتغير المعقد وفي تطوير السلاسل الشكلية .

بعض المسائل الجديدة : كان عمل نيوتن غنياً جداً بالطرق ، وبالنظريات ، وبالنتائج الجديدة ، فترك بحالة التعليق العديد من المسائل التي سوف يشغل حلها علماء القرن 18 . ذلك ، مثلاً ، هو حال البحث عن صورة توازن مائع في حالة الدوران ، تتجاذب جزئياتها وفقاً لقانون نيوتن. وقد بيّن نيوتن وماكلورين وكليرو ان هذه الصورة كانت اهليليجياً في حالة دوران ، كما تنبأ به نيوتن . وحدد ماكلورين ايضاً قيمة الجذب الذي يحدثه شكل اهليلجي (Ellipsoïde) منسجم فوق نقطة واقعة في داخله او فوق سطحه .

وعاد إلى هاتين المسألتين كل من دالمبير ولاغرانج ، ولابلاس وليجندر الذين اوضحوا ، بهذه المناسبة ، طرقاً جديدة أو وسائل حساب أصيلة . وعلى هذا وسع ليجندر سنة 1783 حساب الجذب لتشمل نقطة خارجية ، بفضل تدخل شكل إهليلجي ذاتي البؤرة Homofocal ، وبفضل استخدام «متعدّدات حدود ليجندر » الشهيرة. وعلى هذا أيضاً أدخل كليرو الدالة V التي استعملها لاغرانج فيما بعد في الديناميك وفي التحليل . وفي سنة 1785 بيّن لابلاس ان هذه الدالة الخامسة ، تتلاءم مع معادلة ذات مشتقات جزئية : $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}=0$ ، تلعب (اي المعادلة) دوراً كبيراً في مختلف فروع الفيزياء الرياضية ، واستخدم لابلاس الاحداثيات الصادية القطبية ، في تكامل الدالات ، المسماة دالات لابلاس ، معمماً بالتالي الدالات التريغونومترية ، في حالة المتغيرين .

وادت مسألة اخرى إلى اكتشافات اكثر اهمية . هي مسألة تقويم الاهليلج Ellipse والإيبربول (القطع الزائد) ، تقويماً لم يستطع الحصول عليه محللو القرن 17 ، لأن حله يوجب بالضرورة اعمال دالات جديدة .

ونظراً لصعوبة معالجة الموضوع بالعمق ، جرت أولاً محاولة البحث عن كل المتكاملات التي يتعلق حسابها بهذه الأقواس. وقدم الجيومتري الايطالي ج . ك . فاغنانوG .C . Fagnano ، (1682 — 1766) مساهمة اكثر اصالة عندما بيّن ، بعد 1716 ، انه بالامكان ، ، وبالاف الاشكال ، وفوق قطع اهليلجي ناقص Ellipseأو فوق ايبربول معين،رسم قوسين بينهما فرق معين،ومن خلال إقامة علاقة مباشرة بين تقويم هذه المنحنيات وتقويم المنحني ذي العروتين.وحفزت بحوث فاغنانو Fagnano ، التي نشرت سنة 1750 ، اولر فعالج ، في سنة 1756 ، هذه المسألة بشكل تحليلي ، واثبت عدة خصائص مهمة لهذه المتكاملات Intégrales ، المتميزة ، في العنصر التفاضلي ، بوجود الجذر التربيعي لمتعدد الحدود Polynôme من الدرجة الرابعة . وفي سنة 1780 ، بيّن ج لاندن . J Landen ان حساب اي قوس من مخروط Hyperbole قد يرد إلى حساب قوسين فوق قطع اهليلجي Ellipse ، وهي نتيجة عرضها لاغرانج بشكل اكثر مباشرة . في سنة 1786 ، تدخل ، لأول مرة ، في هذا المجال ا . م . ليجندر الذي خصص لهذه البحوث قسماً كبيراً من حياته . واحتوت مذكرتاه

الأوليان (1786 — 1793) نتائج مهمة متعلقة في تصنيف هذه المتكاملات، وفي تحويلها، إلى اشكال قانونية وحسابها المتقارب . ولكن جوهر عمل ليجندر موجود ضمن الكتب التي نشرها سنة — 1819 1811 وسنة 1825 — 1832 ، والتي سوف نذكرها في المجلد اللاحق ، بذات الوقت مع اعمال آبيل Abel وجاكوبي Jacobi ، التي سوف تكشف عن الأهمية الاستثنائية لهذه الدالات الجديدة .

II ـ تقدم المجالات الجبرية

بدون أن يدخل تجديدات بارزة ، قدم القرن 18 ، في مجال العلوم الجبرية العديد من التحسينات التي أعدت ثورة القرن التالي .

1 ـ نظرية المعادلات

القاعدة الأساسية في الجبر : سنة 1608 ، أكد ب.روث P . Rothe بأن كل معادلة جبرية من (ن) درجة تحتوي (ن) جذر . هذه الصيغة استعادها ، بشكل أوضح فأوضح ، البير جيرار Albert Girard (1629) ، وديكارت (1637) ونيوتن (1685) واولر (1742) ، بفضل فهم أفضل لطبيعة الجذور (الحقيقة أو الخيالية ، المتميزة أو المتطابقة). وإثبات هذه القاعدة الأساسية عالجها على التوالي دالمبير D'Alembert(1746) واولر (1751) ، الخ . ولكن الاثبات الأول الدقيق لم يقدم إلا في سنة 1799 من قبل غوس Gauss ، الذي قدم فيها بعد ، اثباتات أخرى ، وكون كل معادلة جبرية تمتلك ، على الأقل، جذراً حقيقياً أو خيالياً ، هو في أساس اثباتات لاغرانج وغوس .

المحددات أوالحواسم : في أواخر القرن 17 ، استخدم ليبنيز ، في مختلف المناسبات ، وعند حلّ أنظمة المعادلات الخطوطية Linéaire ذات المجهولات الكثيرة ، نظام عد حسابي (algorithme) يُعادل محدداتنا الحالية(1) . وهناك ترقيمات مماثلة ، اعاد ادخالها سنة 1750 غبرييل كرامر Gabriel cramer ، استخدمت بكثرة متزايدة بخلال النصف الثاني من القرن ، وبخاصة من قبل بيزوت Bézout (1764) وفاندرموند Vandermonde (1772) ولابلاس (1772) ولاغرانج (1773)، الخ . وحصلت نتائج جديدة متنوعة دون تطوير دراسة منهجية لهذا الألغوريتم Algorithme الجديد . وابتكرت كلمة محدد من قبل غوس Gauss سنة 1801 ، في حين كانت النظرية قد توضحت بخلال العقود الأولى من القرن 19 من قبل غوس بالذات ، ومن قبل جان.بينه J . Binet وكوشي Cauchy ، وجاكوبي Jacobi ، ولكن الترقيم الحديث لم يدخل إلا سنة 1841 ، على يد كايلي A. Cayley . .

---

(1) من الملاحظ أن الطريقة الصينية القديمة القائمة على تمثيل معاملات مجهولات العديد من المعادلات الخطية المستقيمة Linéaires المتقارنة ـ فوق رقعة الشطرنج échiquier (راجع مجلد 1 ، القسم 1 ، الفصل 5) تُردُّ في الواقع الى تصوير مُحدِّدٍ ما تصويراً تحديدياً . فضلاً عن ذلك ، وقبل ليبنيز بعدة سنوات ، قام العالم الرياضي الكبير ، الياباني سيكي كوا Seki Kowa ، وباستخدام محدد Déterminant لكي يستبعد كمية بين معادلتين .

معادلات ذات درجة أعلى من 4 : في حين كان حل المعادلات من الدرجة 3و4 ، يستفيد من بعض التقدم التفصيلي ، العائد ، بشكل خاص ، إلى إستعمال افضل للأعداد المعقدة ، كان انتباه علماء الجبر يتوجه بالطبع ، نحو المعادلات ذات الدرجة الأعلى ، وبخاصة نحو معادلات الدرجة الخامسة ، التي بدا حلّها أحد الأهداف الأولى الواجبة التحقيق . وفي سنة 1683 ، اعتقد تشيرنهوس Tschirnhaus انه اكتشف طريقة عامة لحل المعادلات الجبرية . وهذه الطريقة ، رغم عدم فعاليتها في حل المعادلات الأعلى من الدرجة 4 ، وهي طريق الاستبدال ، اتاحت فيما بعد رد المعادلة العامة من الدرجة الخامسة إلى شكل قانوني تثليثي الحدود Triñome .

ولكن الفشل الكثير الحاصل بعد محاولة حل المعادلات العامة ذات الدرجة الأرفع من 4 ، دفع إلى القيام بتحليل ادق للطريقتين العامتين المستعملتين في حل المعادلات من الدرجة الادنى : طريقة الاستبدال والدمج . وحصلت دراستان مهمتان حول هذا الموضوع ، وبذات الوقت من قبل فاندر موند Vandermonde (1770) نشرت سنة 1774 ومن قبل لاغرانج (أفكار الحل الجبري لبعض المعادلات 1770-1771) .

وقرر فاندرموند Vandermonde بأن الحل العام لمعادلة من درجة معينة ، يتعلق بامكانية بناء دالة جذرية صماء لجذور بعض حدودها تساوي هذه الجذور بالذات ، بشرط ان تكون هذه الدالة قابلة للتحويل بشكل يجعلها مرتبطة فقط بدالات متناظرة مع الجذور المبحوث عنها . وهكذا عثر فاندرموند على صيغ حل المعادلات من الدرجة 2و3و4 ، وفشل فيما يتعلق بالمعادلات العامة ذات الدرجة الأعلى ، ولكنه نجح في حل المعادلة ذات الحدين $x^{11} - 1 = 0$ (Binôme) ، مؤملاً حتى ، بإمكانية حل المعادلة $x^n - 1 = 0$ ، في كل الحالات التي يكون فيها (n) أوّلياً ، حلٌ سوف يعرضه غوس في كتابه « ديسكيبزيسيوني اريتماتيكا » (1801) .

واضطر لاغرانج ، من جهته ، إلى دراسة الدالات القياسية (Rationnelles) لجذور المعادلات الجبرية ، وبصورة خاصة إلى دراسة سلوك هذه الدالات عند تبديل الجذور Permutation . وهكذا اقتيد إلى وضع القواعد الأولى لنظرية المجموعات المستقبلية . ولاحظ لاغرانج ان الطرق المعتادة في الحل تلجأ إلى معادلات مساعدة ، تسمى حلاّلة ، تكون جذورها دالات خطية Linéaires للجذور المطلوبة ، ولجذور الوحدة ، فبين ان المعادلة من الدرجة الخامسة لا يمكن ان تحلّ هكذا ، إذا كانت معادلتها الحلالة من الدرجة السادسة . وفي سنة 1798 عاود هذه الدراسة في « الحل الجبري للمعادلات » ، إنما دون أن يستطيع ان يسير ، إلى أبعد ، في دراسة المعادلات، من الدرجة الأعلى من 4 . وفي السنة اللاحقة ، حل العالم الرياضي الايطالي بيترو روفيني Pietro Ruffini بصورة جزئية هذه المعضلة في « النظرية العامة للمعادلات » ، مؤكداً على الاستحالة القاطعة في حل المعادلات العامة ذات الدرجة الاعلى من 4، حلاً جبرياً . ومع ذلك فقد بقيت هناك ثغرات في تحليله. والتبيين النهائي لن يعطى الا سنة 1826 من قبل آبيل Abel. وادت البحوث المهمة لروفيني Ruffini بعد لاغرانج ، الى تعميق اسس نظرية المجموعات. وان لم يقدر عمل الرياضي الايطالي حق

قدره، الا أنه يحتل مكانة مختارة إلى جانب أعمال فاندر موند، ولاغرانج وغوس، في اعداد الثورة الكبرى، ثورة 1826 – 1830، التي جددت طرق الجبر باكمله ، بعد ان اوضحت المصاعب الملحوظة في نظرية الحل الجبري للمعادلات .

إنجازات مختلفة ـ وتحققت انجازات اخرى أكثر اولية . من هذه الانجازات ، التي تتحكم جزئياً بأعمال فاندرموند ولاغرانج ، هناك انجاز يتعلق بالدالات التناظرية بجذور معادلات جبرية ، بدأ بدراستها جيرار ، وعالجها نيوتن وأكملها لاغرانج سنة 1768 وإ. وورنغ Waring . E , 1782) (1770 . واستبعاد مجهول من معادلتين ذاتي مجهولين ـ وهي مسألة تعادل البحث عن نقاط تقاطع بين منحنيين يمثلان هاتين الدالتين ـ درس في القرن 17 من قبل ستيفن Stevin ، فرمات Fermat ، وهودHudde .

واستبعد كرامر Cramer ، سنة 1750 ، الصعوبات التي مبعثها الوجود الممكن لنقاط متعددة . وبين بيزوت Bézout ، سنة 1771 بصورة نهائية ان منحنيين جبريين من الدرجة nوm لهما mn من النقاط المشتركة .

وكانت قاعدة اشارات ديكارت موضوع تحسينات عدة ومحاولات عدة تبيينية ، وخاصة من قبل ليبنيز، وغواGuaوج . آ. سيغنرSegner . وا. وورنغE.Waring، وغوس. وعولج موضوع فصل الجذور من قبل رول Rolle الذي طور ، في « رسالته الجبرية » (1690) « طريقة التسلسلات » Cascades ، متيحاً من خلال النظر إلى سلسلة من المعادلات المساعدة من ذوات الدرجات المتنازلة ، الاحاطة بالجذور الحقة لبعض انماط المعادلات . وفي سنة 1691 ،نشر رول قاعدته الشهيرة التي تؤكد بأن الدالة لا يمكن ان تلغى اكثر من مرة في الفترة الفاصلة بين جذرين حقيقين متتاليين ، ودالتها المشتقة .

الحل العددي للمعادلات : في كتابه « اريتماتيكا اونيفرساليس » (1707) قدم نيوتن العديد من الطرق لتحديد حد اعلى للجذور الحقة ، وقدم قاعدة لتحديد الحد الأدنى لعدد الجذور الخيالية والحد الأعلى لعدد الجذور الايجابية والسلبية : وهذه القاعدة الأخيرة ، الأكثر وضوحاً ، في الغالب ، من قاعدة ديكارت ، لم تبين إلا في القرن 19 .

وقد اهتم نيوتن ايضاً بالمسألة المهمة مسألة التحديد المقارن لجذور مطلق معادلة . واسلوبه المستعمل بعد 1685 في « الجبرا » لـواليس ، ذو تطبيق سهل نوعاً ما .

نفترض معادلة $f(x) = 0$. وقيمة قريبة a من احد جذور هذه المعادلة . نضع $x = a + y$ ثم نشكل المعادلة المساعدة $g(y) = f(a + y) = 0$. ان هذه المعادلة ذات (y) تقبل بجذر ذي قيمة مطلقة قليلة ، له قيمة مقاربة (b) نحصل عليها برد المعادلة إلى حديها من ذوي الدرجة الأدنى .

إن $(a + b)$ هي قيمة جديدة قريبة من الجذر المبحوث عنه وتطبيق هذا الأسلوب يمكن ان يستمر إلى الحد الذي نشاؤه .

هذه الطريقة ، غيرت قليلاً سنة 1690 من قبل رافسون Raphson الذي استعمل القيمة القريبة :

$b_1 = a - f(a)/f'(a)$ وقد عاد إليها فيما بعد لاغرانج وفوريه Fourier .

وفيما خص الطرق الأخرى الكثيرة للحل الرقمي القريب من المعادلات ذات الدرجة المرتفعة ، هذه الطرق التي درست في القرن الثامن عشر ، لن نشير منها إلا على اعمال لا غني — (1705-1706) والمرتكزة على استعمال الفروقات المتتالية للدالة f (x) ، ثم اعمال تايلور Taylor المرتكزة على تدخل سلسلته الشهيرة ، واعمال لاغرانج ، المشتقة من استعمال التجذيرات ذات الكسور المستمرة .

2 ـ الأعداد المعقدة وتطبيقاتها

طبيعة الأعداد المعقدة : ان الاعداد المعقدة ، ادخلت في القرن السادس عشر بمناسبة حل المعادلة من الدرجة الثالثة ، وبعدها احتلت مركزاً متزايداً في الجبر . إلا انه نتيجة عدم وجود تبرير صحيح وفهم واضح لطبيعتها ، شكل ادخالها، وقد قضت به حاجات الحساب ، كارثة مستمرة من الناحية المنطقية . ودون الوصول الى تبرير منطقي نهائي لهذه الأعداد ـ التي ظلت لمدة طويلة تسمى بالأعداد الخيالية ، نظراً لأن كلمة معقد التي ادخلها غوس سنة 1831 ، لم تنتشر إلا ببطء ـ فإن القرن الثامن عشر شاهد تحقيق انجازات مهمة ، بفضل ادخالها في العديد من الفروع من التحليل وبفضل تفسير اكثر دقة لطبيعتها .

وغالبية المؤلفين في القرن السابع عشر كانت تعتقد ان مختلف انواع الجذور لها ما يطابقها من أنماط متنوعة من الأعداد « الخيالية » ، رغم أن ليبنيز قد بين سنة 1677 بأن العدد، $\sqrt[3]{a + bi}$ + $\sqrt[3]{a - bi}$ هوعدد حقيقي[1]. وخلال النصف الأول من القرن الثامن عشر أدى تحسين وسائل حل المعادلات من الدرجة الثالثة والرابعة ، وادى تدخل الأعداد المعقدة ، بصورة كبيرة في دراسة الدالات المختلفة ، وفي مختلف التجذيرات التسلسلية ، إلى ضمان أكبر في الاستعمال، ضمان قائم على القناعة بالطبيعة الموحدة لهذه الأعداد . وتم اجتياز خطوة حاسمة من قبل دالمبير الذي اكد ، سنة 1746 في « افكار حول السبب العام للرياح » (نشر سنة 1747) ان كل دالة ذات عدد او عدة اعداد يمكنها ان توضع بشكل a + bi (والرمز i يعني $\sqrt{-1}$ الذي ادخل من قبل اولر سنة 1777 وكان غوس اول من استعمله بشكل منهجي) . ورغم ان تبيين دالمبير ، الذي اخذه عنه اولر انما بأشكال اخرى ، ولاغرانج الخ ، رغم عدم كفاية الدقة في هذا التبيين ، فقد اقتنع به معاصروه ، مما فتح المجال امام النظرية التحليلية التي سوف يطورها كوشي في القرن التاسع عشر .

وهناك طريقة اخرى ، تمثيل الأعداد المعقدة جيومترياً ، وهي طريقة عرفها وليس Wallis سنة

(1) استعمل ليبنيز لهذه الغاية تجذيرات تسلسلية . ومما يشار اليه انه منذ 1572 بين ر. بومبلي R.Bombelli في الجبر ان $\sqrt{2 + \sqrt{-121}} + \sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}} = 4$.

1673 ، ويمكن ان تعطي أساساً متيناً لاستخدام هذه الأعداد . ولكنها رغم ايضاحها سنة 1797 من قبل الدانماركي ك . ويسل C . Wessel ، فإنها لم تنتشر الا بعد ان اعاد اكتشافها مؤلفون آخرون في بداية القرن التاسع عشر .

انتشار مفهوم اللوغاريتم : ارتبطت مسألة إقرار الاعداد المعقدة في القرن الثامن عشر ، بشكل وثيق ، بمسألة ادخالها في دراسة الدالات اللوغاريثميه والتريغونومترية والأسية .

وبمناسبة تكامل الكسور الجذرية اضطر ليبنيز وجان برنولي سنة 1702 وج . س . فغنانوG . C . Fagnano ، سنة 1716 ، بالطبع إلى الوصول لمفهوم اللوغاريتم ، لوغاريتم العدد الخيالي . ولم يخش هؤلاء من استخدام هذه الفكرة ولكن تجديدهم الجريء اثار جدلاً حاداً حول طبيعة لوغاريثمات الاعداد السلبية أو « الخيالية » :

أولاً بين ليبنيز وجان برنولي في سنة 1712 — 1713 ؛ثم بين هذا الأخير وأولرEuler، بين1727 و1731؛ وأخيراً بين أولر ودالمبير في سنة 1747 — 1748 . وتوضح مذكرتان لأولر نشرتا سنة 1751 ، بصورة نهائية المسألة وذلك بتبيان ان العدد n الحقيقي او الخيالي له عدد غير محدد من اللوغاريثمات وكلها خيالية ، باستثناء واحدة عندما يكون n إيجابياً .

ودراسة الدالة اللوغاريثمية اصابها التغيير الرئيسي . فقد كانت الطرق الثلاثة المستعملة حتى ذلك الحين هي: الطريقة القديمة أي طريقة مقارنة التصاعديات الحسابية والهندسية ، ثم استعمال تجذير تسلسلي ، واخيراً التعريف المعتبر كأولي . ودراسة الدالة الجذرية من قبل واليس ونيوتن وجان برنولي دلت على ان الدالة اللوغاريثمية كانت عكس هذه الدالة الجديدة ذات الصفات البسيطة بشكل خاص . واقترح و . جونس W . Jones ، في سنة 1742 دراسة الدالة اللوغاريثمية انطلاقاً من هذا التعريف ، العرف الذي ، بعد ان نشره اولر سنة 1749 ، تعمم بسرعة . نشير أيضاً ان الترقيم كقاعدة اللوغاريثمات النيبرية يعود الفضل فيه إلى اولر الذي بين ايضاً اهمية e و e^2 .

الأعداد المعقدة والتريغونومتريا الجديدة : وبالمقارنة دخلت الأعداد المعقدة بشكل باهر في مجال التريغونومتريا . ومن الصيغة الشهيرة $ix = \log(\cos x + i \sin x)$ التي عبر عنها سنة 1714 روجر كوت cotes ، استخرجت صيغتان اساسيتان : $(\cos x + i \sin x)^n = \cos nx + i \sin nx$ صيغة استعملت سنة 1730 من قبل دي موافر ، وفيها n عدد صحيح $e^{ix} = \cos x + i \sin x$ وقد صاغها اولر Euler سنة 1748 .

ونحن مدينون ايضاً لـ « اولر » بصيغ اخرى مهمة منها التعبيرات، $\cos x$ و $\sin x$ بشكل اسي : $\cos x = (1/2)(e^{ix} + e^{-ix})$ والعبارة : $\sin x = (1/2i)(e^{ix} - e^{-ix})$ والعبارة $e^{i\pi} = -1$, $i^i = e^{-\pi/2}$ التي تربط بشكل بسيط جداً العددين الاكثر شهرة في التحليل .

واصبحت التريغونومتريا بعد ان تخلت عن كل سند جيومتري ، اصبحت فرعاً من نظرية

الدالات ، ذات الرابط المتين بالدالة الجذرية واللوغاريثمية . والتجذيرات التسلسلية التي حصلت في القرن الماضي ، ثم التفكيك عن طريق تريغونومتري للصيغة : $x^n - 1$ إلى عوامله الحقيقية من الدرجة الأولى والدرجة الثانية تفكيك حققه ر . كوت R . Cotes ـ يمكن ان يسمح بتوقع هذا التوجه الجديد . وفي كتابه : « مدخل إلى التحليل اللامتناهي » اعطى اولر للتريغونومتريا شكلها الحديث ، وذلك بتعريف الدالات التريغونومترية ،كعلاقات، أخذاً مع لاغني Lagny ،الجيب Sinus totus الذي يساوي 1،ومعطياً للصيغ تمثيلها العصري،ومستعملاً التجذيرات كسلاسل وكحواصل ضرب غير متناهيةلمختلف الدالات التريغونومترية. تذكر أيضاً بالتأكيد الواضح الذي حصل من قبل فانتت لاغني Fantet de Lagny سنة 1719 بالنسبة إلى دورية الدالات التريغونومترية ، والاعلان عن عدة صيغ جديدة من قبل ف. و. اوبل F.W.Oppel وت. سمبسون Th.Simpson إن التريغونومترية الكروية ، والتي اعطاها اولر ايضاً شكلاً شبه حديث ، طورها ايضاً كورت ولامبير ، ولكسيل ، وليجندر ، ولابلاس ، اما من وجهة نظر تحليلية خالصة ، واما نظراً لتطبيقاتها الجيوديزية والفلكية .

وقدم كل من ج . ماشين J . Machin ، وج . هيرمن J . Herman ، واولر Euler ، سائرين في الدرب الجديد الذي فتحه فيات Viète ، تعابير جديدة لـ π، سواء بشكل مجموعات او بشكل حاصلات ضرب لامتناهية ، اتاحت تحديد اكبر عدد من الأرقام في تجذيرها . في حين ان ترقيمها الحديث (π) ، من ابتكار و . جونس W . Jonesسنة 1706 وكان قد اذاعه واشاعه أولر ، فإن لامبير بين سنة 1761 عدم جذرية (أصحية) هذا الرقم . ورغم ان استحالة تربيع الدائرة لم يثبت إلا سنة 1882 من لندمان Lindeman ، فإنه منذ 1775 رفضت اكاديمية العلوم في باريس رفضت ان تنظر في كل مذكرة مخصصة اما بهذا الموضوع او بتربيع المكعب او تجزئة الزاوية . ويدل هذا القرار على تقدم الدراسات في هذا المجال .

ضمن هذا الترتيب من الأفكار ، يتوجب علينا الاشارة إلى إدخال الدالات الايبربولية من قبل ف . ريكاتي V.Riccati سنة 1757 ، دالات أثبتت دراستها من قبل والاس ولامبير (1768) قربها من الدالات التريغونومترية .

3ـ الحسابات غير المحدودة

دراسة السلاسل : قدم النجاح الهائل لنظرية السلاسل إلى الرياضيين في أواخر القرن السابع عشر جملة من التطوّرات الغنية جداً . ولهذا عمل تابعوهم على الافادة الواسعة من هذا المخزون الذي ساعدوا في انتشاره . وحصلت نتائج تقنية مهمة بفضل براعة وبفضل تجرد بعض الرياضيين امثال جان برنولي واولر في استخدام هذه الأداة . ولن نذكر من هذا الا بعض الأمثلة : سلسلة تايلور Taylor ، التي بررها مخترعها باستنتاج جريء ، والتي لعبت دوراً اساسياً في انتاج لاغرانج . سلسلة مزدوج

الجذين التي عبر عنها وأدخلها نيوتن سنة 1676، في الحالة العامة حالة الاس الحقيقي ، وقد استعملت استعمالاً واسعاً قبل ان تبين بشكل دقيق وانيق من قبل اولر سنة 1773 ، ثم من قبل ابيل Abel ، في حالة الاس المعقد . تجذير الدالة الاسية التي بيّن اولر في سنة 1748 انه يساوي ، عندما يكون n لا متناهياً ، حدّ العبارة $(1 + x/n)^n$.

ولم يستطع اشهر رياضيي تلك الحقبة رغم براعتهم الحسابية ان يتجنبوا المصاعب المرتبطة باستعمال التجذيرات اللانهائية وهي صعوبات كانوا يقدرونها اقل من قدرها بل ربما لا يرونها . ومع الاعتراف بتفارق السلسلة المتوافقة، تفارقاً اثبته جاك برنولي بعد 1689، ووجود حالات ابسط، تقاربية، لم يخش اولر ولاغرانج استعمال سلاسل نصف متقاربة او متباعدة ـ ومعنى العبارة : « سلسلة متقاربة» كان في ذلك الحين غير واضح تماما ولا يتوافق في اغلب الاحيان إلا مع التحقق من كون الحد العام يتجه نحو الصفر. وعلى هذا، اكد لاغرانج ان المجموع في السلسلة $\cos x + 1/2 =$ — $\ldots + \cos 2x + \cos 3x$ واولر نفسه قبل بـ : ....$1/2 = 1 - 1 + 1 - 1 + 1 -$، وبشكل عام اعتبر اولر انه،بالنسبة الى عدد من القيم يتخذه المجهول x،يمكن تمثيل الدالة f (x) بمجموع من سلسلة متقاربة . وهذا التمثيل يصح بالنسبة إلى كل قيم x ، التي تكون فيها الدالة f(x) محددة ، حتى ولو كان من المستحيل التثبت ما إذا كان تقارب السلسلة ثابتاً فيها ايضاً . مثل هذا التصور قد يوقع في التناقضات الظاهرة التي تثير العجب خاصة إذا قبل بها رياضي من مرتبة اولر .

ولهذا ورغم تجاوز حكمه نفهم الآن نقمة آبيل من عدم دقة نظرية السلاسل : « إذا استثنينا حالات البساطة الكبرى ، في كل الرياضيات ، فإنه لا يوجد تقريباً اية سلسلة يكون مجموعها محدداً بدقة . وبكلام آخر فإن الشيء الأهم في الرياضيات يكون بلا أساس » (رسالة إلى هولنبو Holmböe 16 كانون الثاني 1826.) .

وهكذا بعد ان استغل موارد تقنية السلاسل ترك القرن الثامن عشر لورثته مهمة ملحة ، ادخال الدقة الحقيقية في هذا المجال .

الحاصلات اللانهائية والكسور المستمرة او المتتالية : رغم ان الحواصل اللامتناهية كانت معروفة منذ فيات Viète ، فهي لم تستخدم بشكل منهجي إلا من قبل اولر الذي عرف اهميتها واستمد من استعمالها نتائج سوف تكشف فيما بعد عن اهميتها البالغة ، سواء في نظرية الدالات ام في نظرية الاعداد .

في هذا المناخ المؤاتي لاستخدام الحسابات اللانهائية، لم تكن نظرية الكسور المتتالية لتقصر عن أن تكون مفيدة بشكل واسع . واولر الذي كتب عنها عرضاً منهجياً منذ 1737 ، اكمل الترقيمات ، وعمم حساب المصغرات ، واهتم بمسألة التقارب او الالتقاء وبتحويل السلاسل إلى كسورات متتالية كما اهتم بالتطبيقات العملية لحل المعادلات الجبرية او غير المحددة . واهتم لاغرانج بشكل خاص ببعض الكسور المتتالية الدورية كما اهتم بتطبيق المعادلات التفاضلية في التكامل .

4 ـ نظرية الاعداد

بعد النجاح الباهر الذي لقيتهُ في القرن السابع عشر دراسة المسائل الكلاسيكية المتعلقة بتحليل ديوفانت Diophante ، لم تلبث ان تراجعت بسرعة ، واحتلت نظرية الاعداد ، بعد اهمالها لفترة ، مكانة مهمة في أعمال أكبر رياضيين من القرن 18 وهما اولر ولاغرانج .

في سنة 1736 بينَ أولر القاعدة الصغيرة التي وضعها فرمات Fermat (إذا كانت p اولى فـان $a^p - a$ قابلة للقسمة على p)، وهي قاعدة عممها سنة 1760 ، بعد ان ادخل الدالة Q (n) ، عدداً من الأعداد الصحيحة اقل من n وأوّلية بالنسبة إلى هذا العدد . ونجح سنة 1732 ايضاً في تبيين (إذا كانت n تساوي 5) عدم صحة تأكيد فرمات القاضي بأن تكون $2^{2^n} + 1$ دائماً عدداً صحيحاً ، وبين الحالة الخاصة n = 3 في قاعدة فرمات ، (في سنة 1770 بيَّن لاغرانج حالة n = 4) . وبعد 1741 اهتم اولر بمسألة التقسيم او التوزيع ، اي تحديد عدد التفكيكات الممكنة للعدد N الى مجموع n من الحدود، وهي مسألة وسعها في كتابه مدخل الى تحليل اللامتناهيات . وقد بينَ لاغرانج قاعدة فرمات التي تؤكد بان كل عدد صحيح N هو مجموع اربعة مربعات على الاكثر. ومن جهته بين اولر ان كل عدد اول من صيغة 4n + 1 يمكن ان يفكك بشكل واحد الى مجموع مربعين .

والانجازات التي ادخلها اولر على نظرية وعلى ترقيم الكسور المتتالية اتاحت لـه ان يحسن حل المعادلة غير المحددة من الدرجة الأولى ax+ by = c ، وكذلك حسن حل معادلة بل التي جذرها من قبل وليس وبرونكر . ووجود الجذور في هذه المعادلة الأخيرة بينه لاغرانج سنة 1766 .

وفي سنة 1771 اعلن الرياضي الانكليزي ي. وورنغ E . Waring ، بدون تبيين سلسلة كاملة من المقترحات حول نظرية الاعداد : تفكيك عدد إلى مجموع مكعبات أو اسات اربعية الخ ، تفكيك كل عدد مزدوج إلى مجموع من عددين اولين (وهي امكانية سبق ان أكد عليها سنة 1742 غولدباخ Goldbach) ، الخ . قاعدة منسوبة إلى ج . ولسن J . Wilson ، ولكنها كانت معروفة لدى ليبنز ، تؤكد ، في حال وجود p أول، العدد 1+! (p−1) هو مضاعف لـ p (وقد بين لاغرانج هذا المقترح سنة 1771) .

وأثارت نظرية البقايا التربيعية أيضاً بحوثاً مهمة عند أولر ولاغرانج ،وأعلن أولر سنة 1772سلسلة من المقترحات تعادل قانون التبادل التربيعي الذي صاغه ليجندر نهائياً سنة 1785 وبينه غوس بدقة لأول مرة سنة 1796 . ولكن اعمال ليجندر المهمة والعمل العبقري الذي قام به غوس فتحا بالواقع مرحلة جديدة في تطور نظرية الاعداد ، وهي مرحلة ترتبط بصورة أساسية بالقرن التاسع عشر والتي ستدرس في المجلد اللاحق .

5 ـ الاحتمالات والاحصاءات

حساب الاحتمالات : عند تأسيس حساب الاحتمالات بين 1654 و 1657 من قبل باسكال

Pascal ، وفرمات وهويجن Huygens بدا هـذا الحساب بصـورة أساسية كتطبيق للتحليل التوافيقي لدراسة العاب الحظ. وإذا كان النصف الثاني من القرن السابع عشر لم يقدم إلا القليل من العناصر الجديدة ، فبالمقابل عملت الانجازات العديدة الأصلية التي نشرت في مطلع القرن الثامن عشر على تحديد الشخصية الحقيقية لهذا العلم الجديد ، وحددت له عناصره وتطبيقاته العملية الأولى .

وكانت المساهمة الأولى النظرية للقرن الثامن عشر هي « محاولة تحليل » حـول العاب الحظ » ، وضعها ب . دي مونت مور P . R . de Montmort ، (باريس 1708) الـذي قدم العـديد من الايضاحات النظرية ، ومنها تحليل اكثر عمقاً لموضوع المراهنات . في سنة 1713 ظهر في بال كتاب بعد وفاة مؤلفه جاك برنولي اسمه « الفن الاحتمالي » ARS conjectandi الذي تضمن مع اعادة طبع له مفسر تحت اسم « راسيوسيني . . . » لهويجن Huygens ، فضلاً عن كتاب تحليل توافيقي ، يتضمن مداخلات كثيرة مهمة في كل مجالات نظرية الاحتمالات .

ونجد فيه بشكل خاص قاعدة برنولي الشهيرة ، او قانون الاعداد الكبـرى ، والمتعلقة بتكـرار عدد كبير من التجارب المماثلة . هذه النظرية التي اعطاها لابلاس شكلها النهائي ، والتي تولى تحقيقها تجريبياً بوفون Buffon ، وبواسون Poisson ، كشفت بصورة تدريجية عن اهميتها الاستثنائية في مجال التطبيق . والأعمال التي قام بها ، بشأنها موافر وستيرلنغ Stirling ، ومكلورين Maclaurin ، واولر Euler اتاحت الحصول على العديد والمهم من النتائج التحليلية ، مثل صيغة التقريب المسماة صيغة ستيرلنغ : $s\,! = s^s e^{-s}\sqrt{2\pi s}\,(1+\varepsilon)$ ، التي اكتشفها موافر وستيرلنغ سنة 1730 . نشير ايضاً إلى المدخل الذي وضعه جاك برنولي بمناسبة جمع الاسات P^e للاعداد الصحيحة الأولى وللاعداد المسماة اعداد برنولي .

وتصور ابراهام موافر ، Abraham de Moivre ، وهو بروتستنتي فرنسي لجأ إلى لندن عمـلاً اكـثر اهمية . وفي العـديد من المـذكرات ، وبخـاصة في (نـظرية الحـظوظ) : او طريقـة في حساب الاحتمـالات في اللعب (لندن 1718 ، ط 2 ، 1738) ، وفي كتـابه « اقسـاط الحيـاة » 1725 ، وفي تحليلات مختلفة 1730 اوضح موافر مبادىء حساب الاحتمالات وطور العديد من المسائل التطبيقية . وعلى هذا اعلن قاعدة الاحتمالات المركبة ، وشرع في استعمـال المعادلات ذات الفـروقات المتنـاهية والتي سوف تتعمم خلال القرن .

وفي سنة 1738 باشر دانيال برنولي بدراسة مسألة كان نيكولا برنولي قد طرحها سنة 1713 . وأصبحت مشهورة تحت اسم « مغالطة سان بطرس برج » .

هذه المسألة يمكن ان تعرض على الشكل التالي . A و B يلعبان بـالطره والنقشـة المحكومـة بالقاعدة التالية ، إذا جاءت النقشة في الضربة الأولى يعطى A لـ B فرنكاً واحداً . . . وإذا جاءت النقشة في الضربة n يعطي A لـ B 2^{n-1} فرنك . ما هي امال B رياضياً بالربح ؟

ودل تطبيق آني لمبادىء حساب الاحتمالات ان امل B رياضياً يجب ان يكون غير محدود ، وهذا

امر غير مقبول ولا يمكن افتراضه . ومن اجل محاولة حل المسألة بشكل يلائم الحس التسليم ، ابتكر دانيال برنولي نظرية جديدة مبنية على اسس سيكولوجية متينة نوعاً ما.لقاء القيمة المادية المطلقة لربح مالي ، قدم القيمة الأدبية التي ، تطابق المكاسب الفعلية التي يمكن الحصول عليها ، هذه القيمة الأدبية تتعلق بآن واحد بالمبلغ المادي ، وبالثروة المسبقة لمن يتلقى هذا المبلغ . ومع ذلك فقلما طبقت هذه النظرية رغم ان لابلاس قد تبناها .

لقد وضعت مسألة تحديد احتمالية الأحداث بالمفاعيل الملحوظة ، ضمن مذكرة صدرت بعد وفاة مؤلفها الانكليزي توماس بايس Thomas bayes (1763) . وتولاها فيها بعد لابلاس في مذكرة سنة 1774 ذكر فيها بشكل نهائي قاعدة بايس Bayes واستخرج منها العديد من التطبيقات . ومزجت هذه القاعدة بالقواعد المتعلقة بالاحتمالية الشاملة والاحتمالية المركبة، فأتاحت لـ لابلاس ولـ كوندورسيه Condorcet، تقدير احتمالية العديد من الاحداث بالامتناد إلى نتائج الملاحظات السابقة .

وظهر التدخل الأول للمتغير المتتالي ، في مسائل الاحتمالات ، في قضية عالجها بوفون Buffon ، سنة 1733 وعاد إليها سنة 1777 بشكل اشتهر بمسألة الابرة (الحساب الاخلاقي : ملحق بالكتاب 4 من التاريخ الطبيعي) . هذا المثل الأول من الاحتمالية الجيومترية يدل على ادخال العد التكاملي في مسائل الاحتمالات . وفي سنة 1760 أكد دانيال برنولي بشكل باهر قوة المناهج اللامتناهية التي عمم لاغرانج ولابلاس وغوس استعمالها .

ومن التطبيقات العملية الأكثر اهمية في حساب الاحتمالات ، البحث في التركيبة الأكثر جدوى، تركيبة النتائج التي تقدمها سلسلة من القياسات، وقد عالجها، ر. كوت R.Cotes (1722) الذي زود مختلف الملاحظات باوزان مختلفة ، في حين اوصى كل من سمبسون ولاغرانج ولابلاس باختيار المتوسط الحسابي . وكان قانون المربعات الأقل ، الذي صاغه ليجندر سنة 1806 ، قد اثبت سنة 1809 من قبل غوس الذي انشأ نظرية حقة حول اخطاء الملاحظة ثم اعلن القانون الشهير الذي حمل اسمه .

بعض التطبيقات : عرفت نظرية الاحصاءات في القرن 18 تطوراً سريعاً . وبعد 1570 اهتم كاردان Cardan بالاحصاءات المتعلقة بمدة الحياة البشرية . في سنة 1662 ، نشر جون غرونت John Graunt جداول وفيات نظمت سنداً لسجلات الوفيات الممسوكة في لندن منذ 1592 . واهتم هويجن Huygens (1669) ، وجان ويت Jean Witt (1671) ايضاً بهذه المسألة . ونشرت اولى الجداول الموسعة سنة 1693 ، من ادمون هالي Edmund Halley ، الذي درس تطبيقها على مسألة التأمينات على الحياة . وفي حين شوهد ، في القرن 18 ، نموٌ سريعٌ ، ـ وخاصة في انكلترا ـ في مجال التأمينات على الحياة والتأمينات البحرية ، اتاحت الاكتشافات الجديدة النظرية ، وبصورة خاصة توضيح وتطبيق قانون الاعداد الكبرى ـ اتاحت تحليلاً معمقاً لهذه التطبيقات ؛ نذكر بهذا الشأن « اقساط التأمين على الحياة » (1725) لموافر ثم « تجربة حول احتمالات الحياة البشرية » — (1746-

1760) لـ ا . ديبارسيو A. Deparcieux . في النصف الثاني من القرن ، تقدمت الدراسات الديمغرافية بفضل اولر ولابلاس الخ . وخاصة بفضل كوندورسيه Condorcet ، واهتم هذا الأخير ايضاً بمسائل الحساب السياسي : تحديد اساليب الانتخاب الاكثر عدالة . تأثير تأليف لجان المحلفين على قرارات العدالة ، الخ .. (تجربة حول تطبيق تحليل احتمالات القرارات المتخذة بأكثرية الاصوات ، باريس 1785) ، مسائل دقيقة للغاية قام لابلاس بتوسيعها بدوره في كتابه « تجربة فلسفية » . ورغم سبقها لأوانها ، بفعل عدم كفاية الوسائل النظرية المتاحة له وبفعل جزئية خطأ استنتاجاته ، تستحق محاولة كوندورسيه Condorcet ، لتشكيل رياضيات سياسية واجتماعية دراسة اكثر تعمقاً من الدراسة التي خصصت لها : اذ تبدو ، من بعض النواحي كما لو كانت تعلن عن البحوث الحديثة حول البحث العملياتي وحول « نظرية اللعب » .

نشير أيضاً في مجال مجاور إلى النقاش الذي حصل فيما بين 1760و1769 بين دالمبر ودانيال برنولي حول مسألة طبية كانت يومئذ شائعة ذائعة ، وهي مسألة جدوى التطعيم (1) . رغم ان هذا النقاش لم يؤد إلى قرارات حاسمة ، فيما خص المسألة المدروسة ، إلا انه ادى على الأقل إلى إظهار جدوى ومصاعب التحليل عن طريق احصاء بعض المسائل البيولوجية والطبية .

عمل لابلاس Laplace : في سلسلة من المذكرات نشرت بين 1771و 1818 نسقت نتائجها ضمن « النظرية التحليلية للاحتمالات (باريس 1812) ، قدم لابلاس مساهمات مهمة سواء فيما يتعلق بمبادىء ومناهج حساب الاحتمالات ام في مختلف تطبيقاتها . فنص وتبيين كل نظرية ، وحل وتطبيق كل مسألة كلاسيكية عرضت فيها وقدمت ضمن تركيب يتوج كل انتاج القرن في هذا المجال . فالأسس السيكولوجية لحساب الاحتمالات معروضة بشكل واضح جلي ، في حين ان نظرية جديدة ، هي نظرية الدالات المولدة ، تستخدم كأساس لكل العرض النظري . وارتأى لابلاس ايضاً تطبيق العلم الجديد على المسائل الديمغرافية ، وعلى بعض المسائل الحقوقية ، وعلى بعض المسائل العلمية المتنوعة جداً ، مثل شرح التفاوت في تحركات الكواكب ، والانحدار الأوسط في المدارات الكوكبية ، وتوزيع الكواكب فوق الكرة السماوية ، ونظرية الأخطاء الخ .. وفي كتابه « تجربة فلسفية حول الاحتمالات »(باريس 1814) المعاد طبعه كثيراً ، يقدم لابلاس عرضاً اولياً لهذا الكتاب . واقفل هذان الكتابان ، بشكل فخم ، هذه الحقبة ، حيث اصبح حساب الاحتمالات يشكل علماً مستقلاً .

III - تجديد الدراسات الجيومترية

كما ان انشاء الجيومترية التحليلية ادى إلى التخلي شبه الكامل عن بحوث الجيومترية الخالصة ، كذلك عمل نجاح الحساب الجديد على توجيه الرياضيين نحو دراسات ذات منحى تحليلي .

في حين أن الجيومتريا، ظلت قطاعاً تطبيقياً متميزاً، إلا أن الجيومتريا اللامتناهية ومرتكزها

(1) راجع بهذا الخصوص دراسة في الكتاب 3 ، الفصل 3 من هذا القسم .

الجيومتريا التحليلية ، أصبحتا موضوع العديد من الأعمال . في العقود الأخيرة من القرن ، وبتأثير من غاسبار مونج Gaspard Monge ، حصل تجديد غير متوقع في الجيومتريا الخالصة ، تجديد سوف يغير في مناخ مجمل البحوث الرياضية ، وامتد حتى القرن التالي .

1 ـ الجيومتريا الكلاسيكية

تطور الكتب المدرسية : ان توسيع تعليم الرياضيات خلال القرن 18 ادى إلى نشر العديد من الكتب المدرسية الجيومترية ، والتي قدم بعضها عناصر تجديد لا تنكر . في انكلترا ، في حين استمرت ترجمة عناصر اقليدس Euclide ، بقلم بارو Barrow (1655) تطبع وتعاد طباعتها حتى سنة 1751 ، عرفت ترجمات اخرى نجاحاً حياً ، ومنها ترجمات ج . كيل J.Keil (1708) ور . سيمسون R . Simson (1756، حوالى 30 طبعة) واقتباس ج . بليفير J . Playfair (1795) . وفي البلدان الأخرى الغربية ، تخلت غالبية الكتب المدرسية التعليمية عن الدقة وعن الشكلية الاقليدسية ، لكي تعتمد عرضاً اكثر تحديداً ، وافضل ملاءمة للاهتمامات التربوية . وفي حين ارتدى التعليم في المانيا صفة عملية خالصة ، كانت الكتب المخصصة للمطبقين ، في فرنسا ، مثل كتاب س . لكلرك S.Leclerc ، تنافس كتباً اخرى كانت ، بحسب المثل الذي قدمه راموس (1569) Ramus وانطوان آرنولد Antoine Arnauld (1667) ، تحاول عرض مبادىء الجيومترية بشكل طبيعي اكثر من اقليدس . ولم يأنف كليرو Clairaut من نشر « العناصر الجيومترية » (باريس 1741) ، حاول فيه ، وهو يرفض كل دقة شاقة ، وبعد اللجوء إلى الحدس ، ان يعود إلى طريق الاكتشاف . وساعد نجاح الافكار الموسوعية وحساسية كوندياك على نجاح هذه الطريقة الجديدة ، التي لاقت ، مع ذلك ، معارضة واضحة ، في آخر القرن . هذه العودة إلى الدقة برزت من خلال كتابين اثرت طبعاتها العديدة وترجماتها بشكل دائم في تعليم الجيومتريا في العديد من البلدان وهما : عناصر الجيومتريا لـ « ليجندر » (ط 1، باريس 1794) و« العناصر » لـ س . ف . لاكروا S . F . Lacroix (ط 1 باريس 1799) .

الفحص الانتقادي لبديهية المتوازيات : في هذه الأثناء ، وعلى مستوى اعلى ، جهد بعض المؤلفين ، في تحسين دقة العمل الاقليدسي ، وبصورة خاصة ، إزالة الغموض الذي يحيط بالبديهية الخامسة الشهيرة ، حول المتوازيات .

في سنة 1693 ، ترجم ج. واليس J. Wallis رسالة نصير الدين الطوسي Nasir al-din al-Tusi (القرن 13) حول البديهية الخامسة ، وبين ان هذه البديهية تعني القول بأن كل صورة لها صورة مشابهة ذات أبعاد كيفية ، وفي سنة 1733 ، حقق كتاب « اقليدس منظف من كل عيب » لليسوعي الايطالي جيرولامو ساكيري Girolamo Saccherie ، تقدماً أوضح في فهم الطبيعة والدور الأساسي لهذه البديهية في بنيان العمارة الجيومترية .

وإن كان ساكيري قد انتهى أخيراً إلى صحة البديهية ، إلا أنه كان أول مؤلف يجرؤ على مواجهة دحضها ، وإلى استخلاص العديد من النتائج من هذه الفرضية . ورغم الأخطاء الموجودة في هذا المؤلف ، فإنه يبشر بتكوين بناءات منطقية مستقلة عن البديهية الخامسة . إلا أن قلة انتشاره لم تتح له التأثير في الأعمال اللاحقة .

وفي كتاب له ، نشر بعد موته (نظرية المتوازيات 1786) يتساءل ج . هـ لامبير بدوره حول صحة البديهية المشهورة ، ويبين أن الجيومتريا الكروية ، والجيومتريا حول كرة خيالية ، تتيحان تصور نتائج دحضها ونفيها . في سنة 1795 عمم ج بليفير J. Playfair ، مستعيداً فكرة لبروكلوس Proclus ، صيغة جديدة للبديهية ، أصبحت الآن كلاسيكية ، في حين أوضح ليجندر ، في مختلف طبعات « عناصره » أوجهاً مختلفة لنظرية المتوازيات ، رابطاً بصورة خاصة صحة البديهية بكون مجموع زوايا المثلث الداخلية تساوي 180 درجة . ولكن جدوى هذه البحوث سوف تنكسف سريعاً بأعمال مبدعي الجيومتريات غير الإقليدية : غوس ولوبا تشيفسكي Lobatschevski وبوليا Bolyai الذين سندرسهم في المجلد اللاحق .

البعد و الرسم المنظوري Perspective ـ وهناك ثورة أخرى في مجال الجيومتريا حصلت في القرن 18 : وهي حصول تحولات جيومترية أدت ، في القرن اللاحق ، إلى خلق الجيومتريا الحديثة .

تقنية تعود أصولها الى ما قبل التاريخ ، هذه الرؤية قلّما درست ضمن مظهرها الجيومتري الأساسي إلا إنطلاقاً من القرن 15 ، حين جمع مختلف الفنانين الإيطاليين ، لورنزو جبرتي Lorenzo Ghiberti وفيليبو برونلش Filippo Brunelleschi ، وليو باتيستا البرتي Leo Battista Alberti ، وبيرو دلا فرانسيسكا Piero della Francesca ، وليونار دا فينشي Léonard de Vinci ، وبنفنيتو سيليني Benvenutio Cillini ، العناصر الأولى لنظرية حول البعد ، ليستخرج منها طريقة تصويرية graphique بسيطة وعقلانية . في سنة 1505 عرض جان بليرين Jean Pélerin بوضوح أسلوب نقطة الهرب . ونشر العديد من كتب المعالجات الأخرى في القرن 16 من قبل : دورر (1525) ومن قبل إيطاليين آخرين : كوماندينو Commandino (1558) ، د. بارباور D. Barbaro (1559) ، جاكوبو باروزي وي دانتي Jacopo Barozzi et E. Danti (1582) ، وغيدو بالدو دل مونتي Guido baldo del Monte (1600) الخ .

وفي القرن 17 انتقل « البعد » إلى البلدان المنخفضة مع ستيفن Stevin (1605)، وسالومون دي كوس Salomon de Caus (1612) ومع فر . ديغويون Fr. d'Aiguillon (1613) وماروليز Marolois (1614) ثم إلى فرنسا ، حيث صدرت فورة من الكتب حول البعد ، أغلبها موجه ، نحو التطبيقات العملية : ج . ل ڤوليزارد J. L. Vaulezard (1631) وج . آلوم J. Aleaume (1643) ، وج . دوبريل J. Dubreuil (3 مجلدات 1642-1649) ، وآ. بوس A. Bosse (مجلدان 1648 ـ 1653) ، الخ . وأول كاتب فهم بوضوح دور البعد ، بإعتباره إسقاطاً مركزياً ،

وما يمكن أن يلعبه في الجيومتريا هو جيرار ديزارغ الـذي وضع في « مسـودة المشروع » (1639) أسس الجيومتريا الإسقاطية في المخروطات[1] . وحاول أيضاً أن ينشر في عالم المهارسين طرق بعدٍ أكثر دقة . ولكن رغم تأييد التلامذة : بوس ، باسكـال وفيـ . دي لاهير Boss, Pascal et Ph. de la Hire ، لم تلاق محاولـة ديزارغ Desargues إلا القليـل من الصدى . وفي إنكلترا ، لم يبـدُ التجدد الجيومتري الذي بعثه نيوتن وكأنه قد امتد إلى التطبيقات .

إلا أن القرن 18 شاهد عديـداً من الرياضيين يهتمـون بحماس بمبادىء البعد ، وينشرون كتباً ممتازة : غرافسانـد Gravesande (1711) ، وبروك تـايلور (1716 ـ 1719) وج . هـ لامبير (1759 ـ 1774) . وهذا المؤلف الأخير ، الدائم والعميق الأصالة ، استطاع أن يسيـطر على مجمـل الأسس الجيومترية للرسم المنظوري والتقنيات البيانيـة القريبـة . وأنه في بـداية القـرن 19 فقط أخذت الطرق البيانية تعود إلى الظهور في مجال الجيومتريا الإسقاطية . هذا التجدد هـو النتيجة المباشـرة للجهد الـذي بذلـه غاسبـار مونـج Gaspard Monge (1746 ـ 1818) لكي يعيـد إحيـاء مختلف فروع الجيومتريا ، وبصورة خاصة ، نشر طرق الجيومتريا الوصفية .

نهضة الجيومتريا الوصفية ـ هذا الفرع الأخير من الجيومتريا ليس خلقاً إبتداعاً من مونـج . إذ نجـد أمثلة استخدام طـريقة الإسقـاط المزدوج في « انـدرويسنغ » لـدورر (1525) ثم في كتب « فن تـقـطيـع الأحجـار = (Stéreotomie) لـفـرزيـه Frézier (3 مجلدات 1737-1739 ؛ مجلدان 1760) . ولكن أي مؤلف قبل مونج ، لم يعرف كيف يوضح مبادىء هذه التقنية ، وتطوير طرقهـا ، ثم تعيين كل تطبيقاتها المثمرة ، سواء في مجال التقنيات أم في مجال الجيومتريا الخالصة وحتى في الجيومتريا اللامتناهية . وإذا كان مونج قد علم الجيومتريا الوصفية منذ ما قبل 1770 لتلامذة مدرسة الهندسة في ميزيير واستخدمها في عدة مذكرات لاحقة إلا أنه لم يقدم عنها عرضاً إجمالياً إلا في كتابه « جيومتريا وصفية » (باريس 1799) الذي أورد نصوص دروسه إلى تلامذة مدرسة دار المعلمين سنة 1795 . وأصبح هذا الفرع الجديد للجيومتريا كـلاسيكياً في الحـال . ونشره تلامـذة مونـج بسرعة فـائقة ، مـع إعطائه أحياناً صفة خصوصية ربما كان الجيومتري الكبير يـرفضها . وبهـذا الشأن ، ليست الجيومتريـا الوصفية بالنسبة إلى مونج إلا مظهراً من مظاهر نظرية الإسقاطات ، وأداة مزدوجة الفعالية ، أهميتها في مجال التقنيات البيـانية ، لا تنسي الجـدوى الجيومـترية الخـالصة . وإذا كـان مونـج لم يطور في مؤلفـاته النظرية العامة للإسقاطات ، فإنه على الأقـل قد وضـع لها الأسس في تعليمه الشفوي . ولهـذا سوف يقوم تلامذته المباشرون بالدراسة المنهجية للإسقاطات في الجيومتريا .

إنجازات متنوعة ـ هناك مسـاهمات أخرى للقرن 18 ، وإن تكن مـوزعة ومشتتة ، تستحق الإشارة إليها . فالإبتكارات الجيومترية المستحدثة فقط بواسطة البركار ، والتي سبق ودرسها ج . موهر G. Mohr سنة 1672 ، نظر بها ، بشكل مستقل ل . ماشيروني L. Mascheroni الذي ترجم كتابه

---

(1) راجع أعلاه الكتاب 1 ، الفصل 1 من هذا القسم .

« جيومتريا البركار » (باقي 1797) إلى الفرنسية بعد 1798 بدعم حامي من بونابرت Bonaparte . أما المبتكرات بواسطة المسطرة والدائرة ذات الشعاع الثابت ، التي سبق ونظر بها موهر Mohr سنة 1672 ، فقد درسها سنة 1774 لامبير . وقد عرفت نجاحاً واسعاً في مطلع القرن اللاحق . وكذلك نظرية المستقيمات المستعرضة ، التي ساهم فيها ج . سيفا G. Ceva سنة 1678 مساهمة شهيرة سوف تكون موضوع بعض الدراسات قبل أن ينظر فيها بشكل أعم من قبل لازار كارنو Lazare Carnot سنة 1806 . نشير أيضاً إلى أعمال متنوعة حول جيومترية المثلث (أولر ، ولاس ، الخ) ، حول مواضيع بنائية ، مثل المسائل الشهيرة التي وضعها كاستيلون Castillon ومالغاتي Malgatti . ونذكر أيضاً إعادة اكتشاف العلاقة التي سبق وعرفها ديكارت والتي تربط عدد الوجوه والذروات وحفافي متعدد الأوجه المحدد ، وذلك في سنة 1752 .

وبتأثير مستمر من نيوتن ، اهتمت المدرسة البريطانية كثيراً بالجيومتريا الكلاسيكية . ونيوتن وإن لم يخصص دراسة شاملة للهندسة الخالصة ، إلا أنه استخدمها إستخداماً واسعاً في أعماله : من ذلك أن كتابه «المبادىء» يحتوي سلسلة مهمة من القواعد حول تولد المخروطات ؛ نذكر أيضاً توليده عن طريق الوسم المنظوري لمختلف أنواع المكعبات إنطلاقاً من خمسة أنماط من البارابولات المتباعدة . والدراسة الحديثة ، وكذلك النشر الجاري حالياً لمخطوطات رياضية تنسب إلى نيوتن، من قبل د . ت . ويتسايد D. T. Whiteside ، تدل على أهمية البحوث التي أجراها مؤلف كتاب المبادىء ، في مجال الجيومتريا الخالصة ، وبصورة خاصة الجيومتريا الإسقاطية .

ويؤدي تحليل هذه النصوص إلى إعتبار نيوتن كواحد من أعاظم ممثلي المدرسة الإسقاطية في القرن السابع عشر . ولتوضيح موقفه لا بد من إيضاح تبعيته المحتملة تجاه ديزارغ وبسكال وف. دو لاهير ، ثم تقييم التأثير الذي أحدثته ، بشكل مباشر ، على تطوير الفكر الجيومتري البريطاني ، أعماله التي بقيت بشكل مخطوطات .

وعلى كل ومع الإكتفاء بتأثير منشورات نيوتن ، يجب القول أن عدة قواعد وضعها ، عممت من قبل كوت أو ماكلورين . وقد عرض هذا الأخير في كتابه جيومتريا أورغانيكا 1720 ، نظرية جديدة في وصف المخروطات كما قام بدراسة بعض المنحنيات ذات الدرجة العالية (مثل المنحنى الليلابي ، الستروفوييد ، متساوية الأبعاد) . وعمم أيضاً القاعدة الشهيرة المتعلقة بالهكاغرام المستور لباسكال ، في حين أن تلميذه م. ستيوارت M. Stewart نشر العديد من القواعد الجديدة التي يتعلق بعضها بنظرية المعترضات .

هذه النتائج المختلفة ، الحاصلة بدون خطة شاملة ، وجدت كل معانيها فقط في القرن التاسع عشر ، وذلك بمناسبة إقامة الجيومتريا الحديثة . إلا أنها ـ أي هذه النتائج ، وعلى موازاة الجهد الأكثر منهجية الذي بذله مونج ـ تدل على تجدد أكيد للإهتمام بمسائل الجيومتريا الخالصة .

2 ـ الجيو متريا التحليلية

في بداية القرن الثامن عشر كانت الجيومتريا التحليلية ما تزال تحت تأثير واضح من أفكار ديكارت . فقد تصور هذا الأخير ، هذا العلم وكأنه تطبيق للجبر على الجيومتريا ، ـ إسمٌ احتفظت به الجيومتريا حتى مطلع القرن التاسع عشر ـ أي كتقنية ذات بنية جبرية متكيفة مع حل المسائل ذات الجوهر الجيومتري ، المسائل التي لا تدخل في الحقل العادي التطبيقي للخصائص الكلاسيكية المستمدة من كتاب العناصر لإقليدس .

فالمنحنيات لم تدرس لذاتها ، سنداً لمعادلاتها ، والإهتمام أنصب تقريباً على المعادلات التي بدت كحلول لمسائل جيومترية ، وفي هذا فهم يؤدي عملياً إلى إستبعاد العناصر من الدرجة الأولى مثل المستقيمات والمسطحات ، بإعتبارها مرتبطة مباشرة بتحليلات الجيومتريا الخالصة .

فضلاً عن ذلك لم تكن الجيومتريا التحليلية الفضائية موضوع أية دراسة ، وإستعمال محور وحيد ، على السطح ، يدخل تفارقاً (dissymétrie) مصطنعاً بين الاحداثيين . وبفضل الدراسة المنهجية للمنحنيات السطحية ، عن طريق تفحص المسائل ذات الأبعاد الثلاثة ، وبعد ترتيب المبادىء الأساسية ، حقق القرن الثامن عشر الإنتقال من تطبيق الجبر على الجيومتريا ، إلى الجيومتريا التحليلية الحديثة .

نظرية المنحنيات السطحية . ـ في حين استعمل نيوتن في كتابه : ارتيمتيكا اونيفرساليس (حرره حوالي 1684 ونشر سنة 1707) ، إستعمالاً منهجياً للاحداثيات السلبية ، وأدخل طريقة الأسات غير المحددة ، وذلك في كتابه « التعداد » . . . (كتبه سنة 1695 ونشره سنة 1704 كملحق في كتابه البصريات) ، واستخدم الطرق التحليلية في دراسة المكعبات .

وقسم هذه المنحنيات إلى 72 نوعاً ـ والستة الأخرى سوف يكتشفها شارحوه ـ ووزع الأنواع إلى أصناف وإلى طبقات . وأوضح أن كل هذه المنحنيات يمكن أن تنشأ ضمن الرسم المنظوري ، إنطلاقاً من خمسة منها . وأكمل نيوتن أيضاً طرق تحديد المماسات ذات الفروع اللامتناهية وكذلك طرق تحديد المنحنى ، وأدخل دراسة المنحنى المجاور لنقطه ، بواسطة تجذير تسلسلي للأسات . وقام العديد من تلامذته ، ومن بينهم ستيرلنغ Stirling وماكلورين Maclaurin باستكمال هذه الدراسة للمكعبات ، في حين قام ديونيس سيجور Dionis ، وغودين Goudin ، وورنغ Waring ، وف. ريكاتي V. Riccati ، وسالاديني Saladini بدراسة تحليليةللمنحنيات ذات الدرجة العالية .

والعمل الأكثر بروزاً في هذا المجال هو المدخل إلى تحليل الخطوط المنحنية الجبرية (جنيف 1750) لكاتبه غبريل كرامر Gabriel Cramer الذي صنف المنحنيات السطحية بحسب درجة معادلتها ، وركز إهتمامه الخاص على الفروع اللامتناهية وعلى النقط المفردة . وأثبت كرامر الذي تجنب اللجوء إلى موارد الحساب التكاملي ، أن منحنياً من الدرجة n يتحدد عموماً بإعطاء $(n/2)(n + 3)$ نقطة، ولكنه أشار إلى حالات الإستثناء .

وقدم كتاب أولر (مدخل إلى التحليل اللامتناهي) ، أيضاً مساهمة مهمة في نظرية المنحنيات السطحية . وأكد أولر في كتابه على تعادل محوري الإحداثيات، وهذا المبدأ لم يطبقه أولر إلا بصورة جزئية . وأتاحت له دراسة مسبقة حول تغييرات الإحداثيات أن يصل إلى معادلة مخروط ذي قطرين متزاوجين ، وإلى قطرين رئيسين ، وهذا أسلوب مكنه من تصنيف حديث ومن دراسة مفصلة لهذه المنحنيات . والبحث في الفروع اللامتناهية وخطوط التقارب طبق أيضاً في تصنيف المنحنيات من الدرجة 3و4 . وأتت بعد ذلك الدراسة العامة لشكل المنحنيات ، وتفردها وإنحنائها وللعديد من المسائل التطبيقية . وهذا الكتاب ، وإن لم يحقق تجديداً نهائياً في الجيومتريا التحليلية ، إلا أنه سجل على كل حال إنجازات مهمة ، مركزاً بصورة خاصة ، على الدراسة المباشرة للمنحنيات ، معارضاً بذلك وجهة نظر ديكارت .

بدايات الجيومتريا التحليلية الفضائية ـ بدأ تطبيق الجيومتريا التحليلية على دراسة الصور ذات الابعاد الثلاثة والتي نظر فيها ديكارت وفرمات ، ثم من بعدهما ، بشكل ادق ف. لاهير Ph.de 1679 La Hire ، بدأ هذا التطبيق سنة 1700 ، من قبل آ . باران A.Parent الذي اعطى معادلة بعض السطوح ومنها الكرة والايبربولوييد الدائر فوق جزء مغلق من سطح ، واعتبر أن سطوحها متماسة . وقدم أول كتاب شامل مخصص لتوسيع الجيومتريا التحليلية ، وعنوانه « بحوث حول المنحنيات ذات الانحناء المزدوج » (باريس 1731 لمؤلفه آ . ك . كليرو A.C.Clairaut)قدم دراسة منهجية للعديد من أنماط المنحنيات الفضائية والسطوح ، سواء من الناحية الجبرية أم من الناحية اللانهائية ، كما عرض أيضاً هذا الكتاب ، مع العديد من النتائج غير المنشورة من قبل ، طرقاً مفيدة في البحث . وفي سنة 1732 عالج ج . هرمان مسائل متنوعة متعلقة بالسطوح ودرس عدة مساحات وخاصة السطوح التربيعية من الدرجة الثانية التي قدم عنها تصنيفاً ما يزال غير مكتمل .

والفصل الاخير من كتاب المدخل لاولر ينسق بين هذه النتائج المختلفة ويدرس تغييرات المستحدثات في الفضاء ، ويقوم بدراسة تحليلية للسطوح من الدرجة الثانية بالمقارنة مع دراسة مخروطات ويقدم التصنيف الاول الكامل لهذه السطوح .

نشوء الجيومتريا التحليلية العصرية ـ تقدم مذكرة لاغرانج (حول الاهزامات المثلثية 1773) وجهة نظر اكثر حداثة . فقد اراد ان يظهر قوة الطرق التحليلية فقطع كل علاقة ، وبصورة نهائية بالتراث الديكارتي ، مؤكداً على التساوي الكامل للعناصر من الدرجة الأولى، مستقيمات وسطوح . ونجح هكذا في تبسيط الحسابات وفي تحسين الترقيمات وفي عرض النتائج بشكل تناظري واكثر عمومية .

وفي مذكرات من نفس الحقبة يحل فيها مونج ، بشكل عرضي ، مسائل كلاسيكية متعلقة بالسطوح وبالمستقيمات ، اعتمد وجهة نظر عائلة . ورمزيته تتلاءم تماماً مع طبيعة القضايا المدروسة . من ذلك انه ركز انتباهه الخاص على الجيومتريا المتعلقة بالمستقيم ، وعلى العائلات المستقيمات ذات

البارامتر الواحد او الاثنين (بارامتر= ثابتة) فادخل بعد 1785 الإحداثيات الشهيرة المحورية للمستقيم، والمسندة الى بلوكر Pluker الذي اعاد اكتشافها سنة 1865. وفي كتابه« اوراق تحليل» 1795 وهي نصوص لدروس اعطيت في مدرسة بوليتكنيك قدم مونج اول عرض شامل حول الجيومتريا التحليلية الحديثة . هذه الدراسة المقتضبة جداً تتميز بحس حاد للتناظر ، عن طريق استعمال الطرق الأنيقة والمباشرة، بفضل رمزية مكتملة التنظيم . وتضمن كتابه « تطبيق الجبر على الجيومتريا » والمنشور سنة 1802 مع هاشيت Hachette، وبعناية فائقة ، تضمن تحليلاً معمقاً لتغييرات المستحدثات كما تضمن دراسة مفصلة للسطوح من الدرجة الثانية ، تجذر توسّع وتوضح دراسة أولر .

وبعد ذلك اصبحت الجيومتريا التحليلية الابتدائية تعتبر وكأنها قد استكملت خطوطها الكبرى. وكثرة الكتب الحديثة المتداولة، ومنها كتاب لاكروا 1798، والذي ظهر في فرنسا في مطلع القرن التاسع عشر تدلّ على ان التقدم المحقق قد هضم آنياً وبصورة نهائية ، مما فتح الطريق امام تطورات جديدة وامام تطبيقات غنية .

3 ـ تطبيق التحليل على الجيو متريا

البحوث الاولى ـ رغم الحصول على بعض النتائج الجزئية في السابق ، من المؤكد ان نشأة الجيومتريا اللامتناهية هي نتيجة مباشرة لتأسيس التحليل، وهي احدى تطبيقاته .

واذا كان نيوتن وتلامذته قد فضلوا اللجوء الى الطرق الجيومترية التي كانت عند الاقدمين ، ولم يعودوا يهتمون الا بصورة استثنائية بالتطبيقات الجيومترية للتحليل، فان مدرسة ليبنيز بالمقابل، قد حققت بخلال السنوات الاخيرة من القرن 18، في هذا المجال حصاداً غنياً جداً ؛ تحديد اشعة المنحنيات ، ونقاط الانكسار، وتحديد الخطوط المطوَّرة والخطوط المطوِّرة ، وغلافات عائلات المستقيمات ذات الثابت ، والمساقط المستقيمة لبعض عائلات المنحنيات ، والخطوط الجيوديزية لبعض السطوح الخ .

الا ان الاهتمام بهذه المواضيع قد خف فيما بعد ليعود من جديد مع « بحوث حول المنحنيات ذات الانحناء المزدوج » لكليرو. وهي بحوث غنية من هذه الزاوية كغنى الجيومتريا التحليلية . ولكن للأسف التفت كليرو ناحية مواضيع اخرى في البحوث ، ولم ينشر، في هذا المجال الا دراسة حول الخطوط الاقصر بين نقطتين(جيوديزيك)فوق سطوح في حالة الدوران .

ولم يهمل اولر، رغم انه محلل قبل كل شيء ، التطبيقات الجيومترية حول الحساب. وفي سنة 1728، باشر بذات الوقت مع جاك برنولي دراسة الخطوط الاقصر (جيوديزيك) وهي منحنيات شرح في سنة 1736 معناها الميكانيكي وجرته دراسته لحساب التغيرات ، سنة 1744 ، الى تعريف المساحات الدنيا (ذات الانحناء الكامل الثابت) ، وقد اعطى عنه المثل الاول ـ وقرر لاغرانج بشأنه معادلة المشتقات الجزئية في سنة 1762. وباشر اولر موضوعاً جديداً تماماً وهو يدرس، في نقطة M، من مساحة

معينة S، شعاع الانحناء لمختلف الاقسام المسطحة في S، المارة من هذه النقطة. وانتهى الى صيغة شهيرة تعبر عن هذا الشعاع تبعاً لاشعة انحناء القسمين العاموديين الخاصين او القسمين الرئيسيين. ونشير ايضاً الى دراسته للتمثيل الايزومتري (حيث تكون محاور التقارب متساوية) للسطوح (1770). كما نشير الى دراسته حول المساحات القابلة للتطور حيث يستعمل لأول مرة إحداثيات منحنية فوق سطح.

مونج وتجديد الجيومتريا اللامتناهية ـ رغم القيمة الاكيدة لدراسات اولر الجيومترية فانها تحتفظ بنوع من الجفاف ناتج عن سمتها التحليلية المباشرة. ولم يكن احد يهتم يومئذٍ بالمظهر الجيومتري لهذه المسائل، عندما قام غسبار مونج سنة 1771 ببحوثه الاولى حول الجيومتريا اللامتناهية. ومن سنة 1771 الى 1807 قدم الجيومتري العظيم نتائج ذات اهمية بالغة، وجدد بصورة كاملة طرق الدرس في هذا المجال.

كان مونج موهوباً بحس استثنائي حول الواقع الفضائي، كما كان بذات الوقت محللاً ذا قيمة، والصفة الاساسية في عمله هي الرابط الثابت الذي يبرز فيه، بين مختلف المظاهر التحليلية والجيومترية والعملية في كل مسألة. هذه الرؤية الشاملة اتاحت له ان يختار في كل مرحلة من مراحل التحليل العقلي الطريقة الاكثر مباشرة والاكثر خصباً، ثم استحلاب النتائج الاكثر تنوعاً من كل حصيلة.

واول عمل قام به مونج (صيغة اولية نشرت سنة 1769، وصيغة نهائية حررت سنة 1771 ونشرت سنة 1785) هو دراسة شاملة للخصائص العامة للمنحنيات الفضائية، وهي دراسة تتضمن العديد من النتائج المهمة والجديدة المعروضة بشكل انيق: تجذيرات منحنى في الفضاء، سطح قياسي Rectifiante، كرة تماسية، انحناء والتواء الخ. وعاد مونج سنة 1775، بعد اولر، الى دراسة السطوح القابلة للتغير والنشر، واعطى عنها غرضاً جيومترياً شاملاً، وتفسيراً تحليلياً مرتكزاً على دراسة المعادلة ذات المشتقات الجزئية $rt - s^2 = o$، وتطبيقاً لنظرية الظلال واشباه الظلال. وفي سنة 1776 قدم تلميذه موسنيه Meusnier دراسة جيومترية حول انحناء المساحات تضم القاعدة الشهيرة التي تحمل اسمه، ودمجاً جيومترياً للمعادلة ذات المشتقات الجزئية للسطوح الدنيا. وبعد ذلك بقليل، وانطلاقاً من مسألة عملية «تفريغ ودمل» ادخل مونج دراسة عائلات المستقيمات ذات الثابتين (تساوي الشكلين) ثم، حول انتباهه الى تطابق الخطوط العامودية فحدد خطوط الانحناء في سطح ما ثم عرض خصائصه الاساسية. وبالموازاة درس مختلف عائلات السطوح وعلاقاتها بمعادلاتها ذات المشتقات الجزئية: درجة اولى (الاسطوانات، والمخروطات الخ)، درجة ثانية (سطوح قابلة للنشر، وسطوح منتظمة ذات سطح موجه الخ) ودرجة ثالثة (سطوح منتظمة عامة الخ).

وجرته طريقته في التكامل الجيومتري الى دراسة اغلفة السطوح، والمميزات، الخ، كما جرته الى ادخال تغييرات تماسية. وبعد 1795 عرض على تلامذة المدرسة البوليتكنيك النتائج الاساسية للعلم الجديد الذي خلقه.

واعيدت طباعة نص دروسه التي نشرت سنة 1795 و1799 تحت عنوان « اوراق تحليل مطبق على الجيومتريا »، بشكل اكمل في كتابه الكبير الكلاسيكي وعنوانه « تطبيق التحليل على الجيومتريا (1807). واستخدم هذا الكتاب كدليل للعديد من الجيومتريين في بداية القرن التاسع عشر.

وهكذا وبفضل الطرق والنتائج الجديدة التي ادخلها مونج ، وبفضل ايضاً الحماس الذي عرف كيف يبعثه في البحوث المتعلقة بهذا المجال، نجح في تجديد المضمون والعقلية في الجيومتريا اللامتناهية ، تجديداً كاملاً . وتأثيره سيكون دائماً ، ومضافاً الى نجاح الجيومتريا الوصفية ، سوف يعطي للبحوث الجيومترية مكانة فقدتها منذ زمن طويل .

الفصل الثاني :
تنظيم الميكانيك الكلاسيكي

لقد غيّر النمو العجيب للمعارف العلمية بخلال القرن السابع عشر ، والوعي المتزايد والدقيق للطريقة التجريبية ، وتطور الاداة الرياضية من القاعدة الثلاثية حتى الحساب التكاملي ، كل ذلك غير بصورة تدريجية سمة الكتابات العلمية التي اخذت تنتظم ضمن مجالات علمية محددة. وعصر الانوار ، الذي نمى هذه المكتسبات ، قد يكون جهل المخاوف الميتافيزيكية عند مبدعي العلم الكلاسيكي ، ولم يأخذ عنهم الا تراثهم الايجابي. ويبدو لنا ، ان هذا الوضع لم يكن بارزاً وواضحاً ، في اي مجال ، كما كان في الميكانيك . وغايتنا ، من خلال هذه الصفحات القليلة، هي محاولة التثبت من هذا العنصر الرئيسي للفهم . ولكن قبل ان نشرع في الانجازات المميزة للقرن 18، يجب اولاً الالتفات الى نقل رسالة القرن 17 .

I ـ انتشار النيوتنية

ردة فعل انصار نيوتن ـ في انكلترا بالذات لم ينتشر نظام نيوتن الا ببطء . ودروس نيوتن المختصرة في كمبريدج كانت قلّما تتبع ، لانها كانت شاقة صعبة ، هذا اذا صدقنا ويستون Whiston الذي خلف نيوتن في كرسيه . وكان « كتاب الفيزياء » لروهولت Rohault، وقد ترجم الى اللاتينية ثم الى الانكليزية، قد شكل اساس التعليم . ولقد كان صمويل كلارك Samuel Clarke قد ارفق بالطبعة الانكليزية سنة 1723 لنص روهولت، بشروحات كانت اما مقتطفات من نيوتن ، او تأويلات تشكل في اغلب الاحيان دحضاً حقاً له .

وهكذا استمرت فلسفة نيوتن في طريقها الى كمبريدج تحت حماية الديكارتي .

وكان انصار نيوتن قد نقموا من انغلاق القارة في وجههم فقرروا الهجوم المعاكس : واخذت مقدمة روجر كوت Roger Cotes للطبعة الثانية من « المبادىء » (1713) على الديكارتيين انهم لجأوا بأنفسهم الى الصفات الخفية التي هاجموها ، وذلك بواسطة الاعاصير المتكونة من مادة مصنوعة على هواهم ، ولا تقع تحت رقابة اي حس. ولكن النيوتنيين نقلوا المعركة بصورة اساسية الى الحقل

التيولوجي فقد اتهموا الديكارتيين انهم وقعوا في الالحاد الأكثر حقارة وذلك عندما أنكروا التدخل الثابت للارادة الإلهية في ظاهرات الطبيعة .

وقد تصدى لهذا الهجوم ليبنز : وكان النزاع الشهير الذي قام بينه وبين صموئيل كلارك والذي استمر حتى وفاة ليبنـز . وكان الاخير يتسلى بالهزء من التيولوجيـا النيوتنيـة ، وخاصـة من إرادة جعل الفضاء المطلق عالم الحس Sensorium عند الله . وأدى ذلك الى تأخير انتشار النيوتنية .

بروز النيوتنية فوق القارة ـ في سنة 1730 كـان هناك من انصـار نيوتن في هـولندا (ومنهم غرافساند Gravesande وموشن بروك Musschenbrock)، ولكن لم يكن منهم احد في فرنسا حتى ذلك الحين ، ويعـود الفضل الى مـوبرتـوي Maupertuis انه ادخـل النيوتنيـة الى اكاديمـية العلوم . فلنستمع اليه :

« كان لا بد من مرور نصف قرن لتتآلف اكاديميات القارة مع الجاذبية . لقد بقيت هذه الجاذبية محبوسة في جزيرتها . وان هي اجتازت البحر فلم تكن الا صورة عن وحش سبق وقضي عليه . وكان الناس فرحين كثيراً انهم ابعدوا عن الفلسفة الصفات الخفية ، فقد كانوا يخشون من عودتها كثيراً ، وان كل ما كان يظن انه ذو علاقة بها او يشبهها اقل الشبه كان مفزعاً. وكان الناس مأخوذين بانهم ادخلوا في تفسير الطبيعة نوعاً من الميكانيكية حتى انهم رفضوا دون الاستماع الى الميكانيكية الحقة التي جاءت تعرض عليهم » .

وشرع موبرتوي يحلل منطقياً المبادىء الديكارتية وبين ان هذه المبادىء لا يمكن ان تستنفد الواقع الفيزيائي ، وبالتالي فان الخطر الميتافيزيكي المقرر ضد الجاذبية ليس له ما يبـرره : ولا يوجـد علاقـة ضرورية بين الفضاء الواسع والانغلاقية . والجـاذبية ليست بصـورة مسبقة ، أقـل قابليـة للقبول من الدفع . وحتى عندما تعتبر الجاذبية كصفة ملازمة للمادة (وهذا ما رفض نيوتن القول به) ، فانها من الناحية الميتافيزيكية ليست مستحيلة ولا تقوم على التناقض . وعندئذٍ يكـون من الافضل عـدم اعتبار التدخل المحتمل للجاذبية الا كمجرد مسألة واقعية .

وكان لموبرتوي تلميذ بارز في شخص فولتير Voltaire ، حيث صرح عن نفسه بانه نيـوتني في رسائله الفلسفية لسنة 1734، وكتب في سنة 1738 « عناصر فلسفة نيوتن » وهو كتاب تبسيطي قصد به طمأنة قرائه « انهم يحترمون نيوتن » . ويعود الى فولتير ايضـاً وضع مقـدمة التـرجمة الفـرنسية لكتـاب « المبادىء» ترجمة قامت بها المركيز دي شاتليه Châtelet بالتعاون مع كليرو. في هذه المقـدمة يهـاجم فولتير كل الجيل الذي شاخ ، في اضاليل ديكارت ورفض انوار نيوتن . وهكذا احتاجت النيوتنية لتدخل الى القارة الى حوالي خمسين سنة . وبهذا الشأن تكون المعركة الكبرى من اجل البحث عن الحقيقة التي وسمت القرن السابع عشر بطابعها لم تكتمل الا في 1738. واخذ العلم الانكليزي يتلاشى كانما انهكه ثقل العمل العظيم ، عمل نيوتن . وانتقل المشعل الى القارة التي رفضته لمدة طويلة .

II ـ الميكانيك العقلاني

اولر وميكانيك النقطة ـ في سنة 1736قدم اولـر اول كتاب بحث فيـه ميكانيـك النقطة المـادية وعرضه كعلم عقلاني (analytice exposita). وقد اخذ اولر فكرة القوة عن علم الستاتيك ، باستثناء القول ـ ان لم يكن الاثبات ـ بان قواعد التعادل وتركيب القوى الستاتية تمتد لتشمل المفاعيل الديناميكية لهذه القوى. ويبدو الجرم عنـد اولر كمفهـوم مشتق، باعتبـار القوة تحتـل المقام الاول، تبعـاً للتراث النيوتني.

مبدأ دالمبير D'Alembert ـ عرض دالمبير فلسفته الميكانيكية في خطاب أولي في كتابه « كتاب الـديناميـك » (1743) وبعد تـوضيح طبيعـة الحركـة وقوانـين اتصال الحـركات بـين الاجسام، بـدا الميكانيك، وعلى الاقل ميكانيك المجسمات ، كعلم جذري اصيل، تفرض مبادئه حقيقة ضرورية . ورغم تنكر دالمبير للتراث الديكارتي فهو ينـطلق منه، عنـدما يقتـرح، ان لم يكن ابعاد القـوة المولـدة للتسارع عن الميكانيك، فعلى الاقـل جعل هـذه القوة مجـرد فكرة مشتقـة اما الاوليـة فتعطى للجـرم وللعناصر الحركية الخالصة.

ان المسألة العامة في الديناميك التي يطرحها دالمبير على نفسـه هي التالية :

نفترض وجود نظام من الاجسام مرتبة بعضها الى بعض بشكل من الاشكال. ونفترض تحريك كل جسم من هذه الاجسام بحركـة خاصـة، لكنه لا يستـطيع الاستجـابة لها بسبب تأثـير الاجسام الاخرى: فتش عن الحركة ، التي يتوجب على كل جسم اتباعها .

يقـول دالمبير : « يمكن دائـماً اعتبار كـل حركـة من الحركـات ...a,b,c المفروضـة عـلى كـل من الاجسام المختلفة ...A,B,C التي تشكـل الانظمـة المعينة ، وكـأنها مؤلفة من حـركتين : a...و α ،bو β ،c و γ . . . حيث تكون a,b,cالحركات المتبعة حقاً ، اي الحركات المطلوبة و α, β, γهي الحركـات التي يبطل بعضها بعضاً من جراء الاتصال » .

وهذه هي التحليلات التي قدمها دالمبير كمبدأ : « حلل الحـركات a,b,c المضغـوطة عـلى كل جسم، كل واحدة الى حركتين اخريين , a , α ; b, β ; c, γ... ، بحيث انه لو ضغطنا على الاجسام الحركات a,b,c لكـانت هذه الاجسـام استطاعت الاحتفـاظ بهذه الحـركات بحيث لا يضبر بعضهـا ببعض ؛ وانه لو لم نضغط عليها الا بالحركاتα, β, γ لظل الجهاز كله في حالة سكون. من الواضح ان a,b,c هي الحركات التي تتخذها هذه الاجسام بفضل قوة هذه الحركات . وهذا مـا يجب العثور عليه » .

واذا كان مبدأ دالمبير واضحاً جداً، فان التحليلات التي يلجأ اليها لا تخلو ان تكون مصطنعة . وقد حكم لاغرانج بهذا وفضل على الصعيد العملي « اقامة التوازن بين القوى والحركات المولدة ، انما على ان تتخذ بالاتجاه المعاكس». هذه الطريقة أشار إليها هرمان 1716 واولـر 1740. هذه الاسبقيـة،

مضافة الى اسبقية جاك برنولي الذي عرف كيف يرد مسألة مركز التأرجح الى مسألة توازن العتلة (1703) تركت لدالمبير الفضل في وضع اطروحة عامة ترتبط مباشرة بالمبادىء . .

قيل غالباً بان مبدأ دالمبير يتيح رد الديناميك الى الستاتيك ، ورد مسألة الحركة الى مسألة التوازن وهذا غير صحيح ، بالتعميم المطلق، الا بالنسبة الى وضع المعادلة .

وطبق دالمبير، بصورة منهجية مبدأه على دراسة كل المسائل التي ظهرت في « كتابه »، سواء تعلق الأمر باجسام مرتبطة بخيوط أو باعواد ، باجسام متأرجحة فوق سطوح وعلى مسائل تتعلق بقرع أو ترجيج .

وتفادى دالمبير كل لجوء الى مبدأ الحفظ ، حفظ القوى الحية ، واعتبر أن هذا الحفظ هو نتيجة لقوانين الديناميك ، بالنسبة الى انظمة الارتباط المؤلفة من خيوط او من قضبان لا تنحني، وكذلك بقوانين صدم الاجسام المطاطة . وتثبت من هذه النتيجة في عدة حالات خاصة

مبدأ الفعل الاقل ـ تدخل موبرتوي Maupertuis سنة 1744 في النقاش حول « مبدأ الاقتصاد الطبيعي »، الداخل في نطاق البصريات بفضل فرمات حوالي 1664[1]، وبحث عن مبدأ تغييري يتلاءم مع رأيه حول تناسب سرعات الانتشار مع مؤشرات الانكسار الضوئي . ولا تكمن الغرابة في وصوله الى المبدأ. ذلك انه مدد هذا المبدأ بشكل عفوي فاشمله نطاق الديناميك، واعلن عن مبدأ ميكانيكي صالح بالفعل. ومن خطأ بصري لا يمكن مؤاخذته عليه لانه كان خطأ عصره اي خطأ نيوتن Newton ضد هويجن Huygens، جعل منه بالصدفة حقيقة ميكانيكية

ويرى موبرتوي Maupertuis ان الشيء الذي تقتصد به الطبيعة هو كمية العمل mv s، وهو حاصل ضرب الجرم بالسرعة بالطريق المقطوع .

ويشكل قانون الانكسار الذي وضعه سنيليوس Snellius ـ ديكارت Descartes، وفرضية التناسب في سرعات الضوء مع مؤشرات الانكسار ، وفرضية العمل الاقل بالمعنى الذي قصده موبرتوي ، كل هذه تشكل مجموعاً متناسباً . واثبات هذا التناسب سهل ولهذا من المسموح به الافتراض ان موبرتوي عكس ترتيب العوامل وهو يتظاهر بانه استخرج هذا التوافق من مبدئه الخاص : وبصورة ابسط يبدو انه وضع (او اخذ عن ليبنيز) فكرة العمل بقصد هذا الاتفاق . ولكن موبرتوي لم يقف عند هذا الحد : فقد رأى في العمل الاقل التعبير عن سبب نهائي بل البرهان على وجود الله :

« لا يمكن ان نشك ان كل الاشياء ليست منظمة من قبل كائن اسمى خصص، وهو يعطي للمادة قوى تنم عن قدرته ، خصصها لتنفيذ مفاعيل تدل على حكمته »

كان موبرتوي اكثر وضوحاً في مجال قوانين الصدمة ، اذ عرف كيف يربطها بمبدئه الخاص،

(1) أنظر أيضاً الفصل الأوّل من الكتاب 2 من القسم 3

(1747). والعمل الشامل في صدم جسمين ، يمكن ان يترجم « بمجموع القوى الحية والتي ولدتها السرعات الضائعة ». هذا المجموع هو بالفعل اقصى ، وذلك سواء كانت الصدمة طريه او مطاطة، هذا اذا افترضنا فضلاً عن ذلك ، حفظ السرعة النسبية العادية في الصدمة المطاطية ، وقبلنا ايضاً الغاء هذه السرعة النسبية في الصدمة الطرية . هنا ايضاً بدا موبرتوي محظوظاً لانه نجح في توليف تركيبة .

كان على موبرتوي، وخطأه الوحيد، كما صرح بسذاجه، انه اكتشف مبدأ اثار بعض الضجة ، فكان عليه ان يتحمل المجادلات الاكثر حدة. فقد رأى كونيغ Koenig يهاجمه 1751 ويتهمه بالسرقة من ليبنيز في حين ان هذا الاخير، لم يتكلم الا عن الحفظ لا عن العمل الادنى ، كما هزىء منه فولتير بشكل قبيح ، في حين انه في طبعة 1758 من كتابه « حول الديناميك » شجب دالمبير اللجوء الى الاسباب الغائية .

في هذه الاثناء اعطى اولر لعمل موبرتوي، وتحت شكل التكامل $\int mvds$ كملحق في كتابه حول حساب التغييرات 1744، حق المواطنية من الناحية الرياضية وبشكل لا جدل فيه . واثبت اولر بهذا ان عمل موبرتوي بلغ الذروة في سقوط الاجسام ، وفي حركة نقطة خاضعة لقوة مركزية وحتى في حركة نقطه جذبها عدد غير محدد من المراكز الثابتة . وكان على اولر ان يحكم في النزاع حول العمل الادنى 1753، فحكم ضد اطروحة كونيغ واعترف لموبرتوي بأبوة هذا المبدأ.

أولر وميكانيك الجسم الجامد ـ في سنة 1760نشر أولر «نظرية حول ميكانيك الجسم الجامد» وهو كتاب روجع فيما بعد وزاد عليه ابنه في طبعة ثانية صدرت سنة 1790. وحدد اولر في كل جسم صلب مركزاً لجرمه او مركز جمود او ثبات ، وهي فكرة محددة بفعل الجمود وحده ، بصرف النظر عن القوى التي يخضع لها هذا الجسم، وبالتالي اقل ضيقاً من نظرية مركز الثقل، التي تشير ببساطة الى الجسم الوازن . وقد حدد اولر عزوم الجمود، وهي مفهوم حركي بقي كلاسيكياً وقد فات هويجن Huygens الامر الذي اجبره على المواربة او التعمية.

وفكك اولر حركة الجسم الجامد الحر الى حركة في مركز جموده، ودوران حول محور يمر في هذا المركز. وفي هذا الكتاب لأولر ظهرت لاول مرة المعادلات التفاضلية الكلاسيكية التي تحكم حركة جسم جامد حول نقطة ثابتة وحيث تظهر بشكل حصري، مع عزم القوى المطبقة على هذا الجسم الجامد، مكونات الدوران الآني للجسم الجامد ومشتقاتها ، وكذلك عزوم جمود الجسم حول النقطة الثابتة .

بوسكوفيش والفعل من بعيد ـ في مواجهة المحللين الذين لا ينفصل عملهم عن تطور الرياضيات الخالصة. كان على الميكانيك في القرن الثامن عشر ان يفسح المجال امام فيزيائي اتسم عمله بالعقلانية التي لم تقدر قيمتها الا بعد قرن من الزمن .

ان النظرية الفلسفية الطبيعية ، وهي كتاب وضعه ر. بوسكوفيتش R.Boscovich، ونشر في ڤينا سنة 1758، هذا الكتاب يمنهج وينشر افكاراً وضعها الكاتب قبل عشر سنوات ، في مطلع تعليمه بالكلية الرومانية . وكان العالم اليسوعي الراغوزي Raguse(في الوقت الحاضر ديبروفينيك) نيوتونياً

نقاداً يهتم كثيراً بالمفاهيم الاساسية، اكثر من اهتمامه بوضع المعالجات الرياضية للقضايا الفيزيائية .

وقد اشار الى التقطع المزعج الذي تقود اليه المفاهيم النيوتونية كما تقود اليه المفاهيم الديكارتية ، ثم عمم بشكل جذري الفعل من بعيد بين نقطتين ،كمبدأ اولي اساسي ينطبق على تفسير كل الظاهرات ، واحتفظ بجوهرية المادة رافضاً امتداد الجزيئات الاولية ، وادخل ـ لكي يمثل بصورة بيانية القانون العام للقوى تبعاً للمسافة ـ منحنى تجويفياً يتوافق مع تناوب الجذب والدفع .

هذا التناوب يسمح باظهار ، وبآن واحد ، مختلف حالات المادة ، واستقرارية الانظمة المادية . واعطى بوسكوفيتش لمفهوم الاتصال الميكانيكي معنى ديناميكيا غير قابل للتمثل ، بفعل التحليل الرياضي السائد في عصره ولهذا لم يكن من الغريب ان لا يعكس عمله تأثيراً الا انطلاقاً من المجادلات التي ثارت في القسم الاخير من القرن التاسع عشر بفعل علم الطاقة وعلم الذرة ، مع او ضد استعمال النماذج والصورة التي تتناول الاشياء التي لا تمكن ملاحظتها .

III ـ ميكانيك الموائع

علم السوائل الثابتة (ايدروستاتيك) عند كليرو Clairaut ، وشكل الارض ـ عاد كليرو بعد هويجن ونيوتن الى مسألة صورة الارض ، فاضطر الى البحث عن الشرط الاكثر عمومية لتوازن كتلة سائلة . ان الشكل الاكثر افادة في مثل هذا الظرف هو شكل قناة كليرو :

« حتى تستطيع كتلة من المائع ان تكون بحالة توازن ، يتوجب ان تكون جهود كل اقسام من المائع محبوسة ضمن قناة مغلقة على نفسها بحيث تحطم هذه الاقسام بعضها بعضاً » (نظرية صورة الارض ، باريس 1743) .

واهتم كليرو ، في ضوء هذا المبدأ بتوازن كتلة سائلة ذات وزن وبحالة دوران حول محور. وحتى يتم التوازن يجب ان تلعب الجاذبية دوراً في الشروط : ان تفاضلية الجاذبية يجب ان تكون تفاضلية تامة (التفاضلية تعني تزايداً بطيئاً وصغيراً في الدالة الرياضية يعادله تزايد شبيه به في المتغير) .

وقد اظهرت القياسات المقارنة لدرجات خط الهاجرة الارضي ، وبخاصة قياس خط الهاجرة الارضي الذي تم في لابونيا Laponie، تسطحاً في شكل الارض بمعدل، 1/300 اصغر بالتالي من التسطح الذي قال به نيوتن ، واستنتج كليرو Clairaut ان الارض مكونة من طبقات اكثر تسطحاً كلما كانت أكثر بعداً عن مركز الأرض . ذلك أن التسطح يتبع قانوناً متعلقاً بانخفاض الثقل النوعي لما بين المركز والسطح .

الهيدروديناميك (أو تحركية الموائع) عند دانيال برنولي Daniel Bernoulli وسوائلية جان برنولي Jean Bernoulli ـ في سنة 1738 نشر دانيال برنولي كتاباً ممتازاً اسمه «هيدروديناميكا». وقد شمل هذا الكتاب بآن واحد الموائع الثابتة ، وهو علم في التوازن والهيدروليكا أو علم الموائع

المتحركة . وقد ارتكز هذا الكتاب بصورة اساسية على مبدأ حفظ القوى الحية ، اي على المساواة بين المنحدر الحقيقي والصعود القوي لمائع ما عند تحركه ضمن نظام دائم . وبهذا الشأن نقل دانيال برنولي الى علم ميكانيك الموائع الأفكار الطاقوية لهويجن .

كما وضع فضلاً عن ذلك فرضية المقاطع او الاقسام : كل الجزيئات المنتمية الى نفس المقطع العامودي على اتجاه الحركة ، يفترض بها أن لها ذات السرعة التي تتعاكس نسبياً مع القطع او المساحة . وقد حلّ دانيال برنولي تحت هذه الفرضيات المختلفة ، وبشكل انيق جداً عدداً كبيراً من المسائل .

وكان على دانيال برنولي ان يتلقى انتقاد والده : جان برنولي الذي اخذ عليه انه انطلق من مبدأ غير مباشر ، وان كان صحيحاً تماماً ، « الا انه لم يتم الاعتراف به من قبل كل الفلاسفة » . وقد زعم من جهته انه يدرس حركة المياه في ضوء مبادىء الديناميك فقط . وقد هنأه اولر على ذلك . ولكن تحليل جان برنولي افسده اعتبار الاعاصير، التي دبرت من اجل هذه الغاية . ولما كان جان برنولي قد احتفظ بفرضية المقاطع ، فانه لم يذهب ابعد من ولده . ولكنه زعم انه سبقه ، اذ ادعى وهو ينشر كتابه « ايدروليكا » ، سنة 1742، انه انشأه اصلاً سنة 1732، وحتى سنة 1729.

دالمبير **d'Alembert** وحركة الموائع - رأى دالمبير ان الميكانيك في الاجسام الصلبة يشكل علماً جذرياً « وبما انه لا يستند الا على مبادىء ميتافيزيكية مستقلة عن التجربة » وصرح بالعكس ، أن نظرية الموائع يجب بالضرورة أن يكون اساسها التجربة وإننا لا نتلقى منها الا اضواء محدودة جداً .

وفي سنة 1752 وفي كتابه تجربة حول نظرية جديدة لمقاومة الموائع ، رفض دالمبير هذه النماذج . والتفت نحو الهيدروستاتيك او الموائع الثابتة كما وضعه كليرو ، ثم اقتفى نفس الاثر، فحاول ان يرد اليه اي الى الهيدروستاتيك حركة الموائع :

ان السرعة v لجزيء من مائع ، في لحظة زمنية t يمكن ان يعتبر وكأنه مجموع v' اي سرعته في اللحظة الزمنية t +d t، مع سرعة v''. عملاً بالمبدأ العام في الديناميك تكون « الجزيئات من المائع ، ان هي نزعت الى الحركة بالسرعة v'' فقط، - بحالة توازن ، وفي هذه الحال يكون ضغط المائع نفسه كما لو كان هذا المائع راكداً ، وأجزاؤه مشدودة الى التحرك بفعل قوة محفزة تساوي v''/d t » .

وتوصل دالمبير، (على الاقل بالنسبة الى الحركات السطحية او الدائرية) الى المعادلات العامة في الهيدروديناميك ، مما جعل من كتابه « محاولة » عملاً طليعياً بحق .

ونظر دالمبير الى حاجز صلب جامد داخل تيار مائع فلاحظ انه اذا كان هذا الحاجز تناظرياً ، والمائع متناسقاً وغير محدّد وفاقداً للجاذبية « لا يتلقى الجسم أي ضغط من السائل ، وهذا ضد التجربة » التقى دالمبير هنا ، دون أن يجرؤ على تأكيده ، التقى المفارقة الغريبة ، التي أوضحها فيما بعد

علماء الجيومتريا ، في كتابه « أوبسكول = (الكتيبات) » . هذه المفارقة ، وهي الأشهر في علم الهيدروديناميك ، تعبر عن الطلاق الأكثر بروزاً بين التجربة العادية جداً ، والنظرية الأقل ثقلاً ضمن الطروحات الكيفية . وكل جهود الميكانيكيين فيما بعد سوف تنصب على إيجاد مخارج لها .

هيدروديناميك اولر Euler ـ ان انجاز اولر في ميكانيك الموائع ضخم ، وقد غطى بآنٍ واحد مجال النظرية العامة ، وكذلك التطبيقات الاكثر تنوعاً . ونحن سنكتفي هنا بتحليل موجز لمذكرات اكاديمية برلين حيث عالج اولر المبادىء العامة في توازن الموائع وحركتها (1755).

ويروي أولر في الهيدروستاتيك ان السائل القابل للضغط أو غير القابل للضغط هو خاضع لقوى مطلقة .

يقول « ان العمومية التي اقصد ، بدلاً من ان تبهر انوارنا تكشف لنا بصورة اولى القوانين الحقيقية في الطبيعة ، بكل بهائها ، ونجد فيها أسباباً أقوى، لتأمل جمالها وبساطتها».

وهنا يستعين اولر ، بعد التعميم، بمبدأ كليرو. وقد كان له الفضل بانه ادخل صراحة الضغط، وربطه في كل نقطة بالقوة الخارجية المعطاة .

وقرر أولر في الهيدروديناميك ، وبشكل من العمومية المطلقة ، معادلات حركة مائع مكتمل قابل للضغط ، بكل أشكالها النهائية ، وكذلك معادلة الإستمرارية التي تعبر عن حفظ الجرم .

وقد استطاع لاغرانج ان يصرح بقوله : بفضل اولر رُدَّ كل ميكانيك الموائع الى نقطة واحدة في التحليل. ولكن صعوبة هذه النقطة ظلت بالغة وقد وعى اولر هذه الصعوبة تماماً .

نشير ايضاً كيف ان اولر، بنوع من السخرية المغطاة بالتواضع ، قيم اعماله في الهيدروديناميك بالنسبة الى اعمال معاصريه فقال : « مهما كانت عظيمة البحوث حول الموائع، والتي ندين بها نحن الى السادة برنولي وكليرو ودالمبير ، فانها مشتقة بشكل طبيعي جداً من قاعدتينا العامتين بحيث اننا لا نستطيع وبالقدر الكافي تقدير هذا التوافق بين تأملاتهم العميقة وبين بساطة المبادىء التي استقيت منها المعادلتان. هذه المبادىء التي توصلت اليها حالاً بفضل القواعد الاولى في الميكانيك » .

IV ـ مقاومة المادة والمعطيات التجريبية

قوانين كولومب حول الاحتكاك ـ بعد 1699 أعلن آمونتون Amontons قانون تناسب الاحتكاك مع الضغط المتبادل بين اجسام متماسة . وقد بين ف.ج كاموس F.J.de Camus (1722) وديزاغوليه Desaguliers (1732) ان الاحتكاك في حالة السكون يفوق الاحتكاك في حالة الحركة .

وسوف يعود الى كولومب الذي كان يومئذ نقيباً في سلاح الهندسة ، ان يجيب على امنية اكاديمية

العلوم التي طلبت سنة 1781 اجراء تجارب جديدة « بشكل كبير » تطبق على البكرات والرافعات الرحوية والحبال المستعملة في البحرية .

وتعتبر مذكرة كولومب، التي نشرت سنة 1785 في المجلد 10 من « مذكرات العلماء الاجانب » نموذجاً للاسلوب التجريبي. والقانون الكمي الذي انتهى اليه مفاده انه فوق سطح ولسحب ثقل ذي وزنٍ معين ، يجب بذل قوة تتناسب مع هذا الوزن ، يضاف اليها مقدار ثابت يتعلق « بتماسك » السطوح . ووضع كولومب ايضاً القوانين الكمية حول تصلب الحبال .

بوردا Borda ومقاومة السوائل - ميزة الفارس ذي بوردا de Borda انه درس مسائل الهيدروليك، دون ان يستبعد الخسارات بالقوى. ومثل هذه الخسائر يظهر في سيلان المائع في مجرى يتسع فجأة او يضيق فجأة . وشبه بوردا هذه الظاهرة بصدمة تقترن بخسارة في القوة الحيوية، اي في لغة العصر، بصدمة الاجسام الصلبة . وحسب هذه الخسارة في القوة الحية بواسطة قاعدة كارنو Carnot، قبل ان تصاغ حرفياً، وفي حالة خاصة.

واجرى بوردا Borda تجاربه بشكل منهجي ، حول مقاومة الموائع ، وبشكل خاص، حول مقاومة الهواء (1763). وبيّن ان هذه المقاومة هي ظاهرة شاملة لا يمكن ادراكها بالتكامل ، انطلاقاً من قانون اولي بسيط. ودرس فيما بعد مقاومة الماء ؛ ودحض النظريات النيوتونية (1767). واخيراً، وفيما يتعلق بالمقاومة المنحرفة ، بين بوردا Borda ان قانون الجيب (سينوس) المربع غير مثبت ، وانه بالنسبة الى الانعكاسات الخفيفة ، المقاومة لا تخفف بمقدار ما تخففه الجيوب (سينوسات) البسيطة .

وتضاف الى تجارب بوردا Borda التجارب التي اجراها الاب بوسوت Bossut (تموز - ايلول 1775) بواسطة نماذج مصغرة في بركة المدرسة الحربية وكذلك تجارب ب. ل. ج بوات P.L.G.du Buat.

ميكانيك لازار كارنو Lazare Carnot ومفهوم الاتصال - بعد 1783، نشر لازار كارنو تجربة حول الآلات بوجه عام، طورها سنة 1803 تحت عنوان « مبادىء اساسية في التوازن وفي الحركة ». وكان كارنو اول من اكد على السمة التجريبية في مبادىء الميكانيك ، وذلك مناقضة للافكار التي قال بها اولر ودالمبير . وقد استنتج من الملاحظة الجذرية لظاهرات الصدمة قوانين الميكانيك ، راداً فعل قوة مستمرة ، مثل الجاذبية ، الى فعل سلسلة من الصدمات المتناهية الصغر . ادخل كارنو في ميكانيك الاجهزة ، فكرة الحركة الجيومترية : ان مثل هذه الحركة هي بدون اي مفعول على الاعمال المتبادلة التي تمارس او يمكن ان تمارس بين اجزاء الجهاز . ان مثل هذه الحركة لا يتعلق الا بشروط الاتصال بين اجزاء الجهاز .

واصبحت الحركات الجيومترية الكرنوية ، بالمعنى الكلاسيكي اليوم ، تنقلات احتمالية تتآلف مع الاتصالات بين اجزاء الجهاز . فهي تعطي لكتاب « التجربة » بنية رياضية طليعية .

ويقرر كارنو ، بالنسبة الى صدمة الاجسام الصلبة ، قاعدة بقي اسمه مقروناً بها . وهي تقضي بان ضياع القوة الحية ضياعاً كاملاً يعادل مجموع القوى الحية التي مسببتها السرعات الضائعة .

واهتم كارنو ايضاً بعمل القوى الداخلية في الكائنات الحية : فالحيوان يمكن ان يشبه ، من ناحية الميكانيك ، مجموعة من الجسيمات المنفصلة فيها بينها بنوابض مضغوطة ، يمكن تحويل قوتها الحية الكامنة الى قوة حية حقيقية .

وقد الهمت افكار كارنو ، ذات الاصالة الاكيدة ، لابلاس Laplace، وباره دي سان فينان Barré de Saint – Venant وبالتأكيد الهمت كاريوليس Cariolis ايضاً

V ـ الميكانيك التحليلي عند لاغرانج

لقد ظهر كتاب لاغرانج « الميكانيك التحليلي » لاول مرة سنة 1788، وجاء يتوج البناء الذي اقامه الجيومتريون الكبار في القرن الثامن عشر. اما برنامج هذا الكتاب الضخم فقد ورد كما يلي :

« تحويل نظرية الميكانيك وفنه في حل المسائل المتعلقة به الى قواعد عامة وصيغ يكفي تجذيرها البسيط لاعطاء كل المعادلات اللازمة لحل كل مسألة .

ثم جمع وعرض ، ضمن وجهة نظر واحدة ـ مختلف المبادىء التي عثر عليها حتى الآن ، من اجل تسهيل حل مسائل الميكانيك، وتبين تبعيتها المتبادلة ، ثم التمكين من الحكم على صحتها وعلى مدى اتساعها »

واضاف لاغرانج ايضاً ، توضيحاً لانشائه الرياضي الوارد في كتابه ما يلي :

« لن يعثر في هذا الكتاب على صور. فالطرق التي اعرضها فيه لا تطلب رسوماً ولا تحليلات جيومترية او ميكانيكية، بل تطلب فقط عمليات جبرية خاضعة لمسار منتظم وموحد الشكل . وسوف يرى اولئك الذين يحبون التحليل ان الميكانيك سوف يصبح جزءاً من هذا التحليل وسوف يعترفون بفضلي اني وسعت مجاله الى هذا الحد » .

وربط لاغرانج كل الستاتيك بالمبدأ الذي استمر يسميه مبدأ « السرعات المحتملة ». ولكن هذا المبدأ ذاته « ليس اكيداً بذاته حتى يمكن وضعه كمبدأ أول » . ويمكن استنتاجه من مبدأين : مبدأ العتلة ومبدأ تركيب القوى .

ولكن لاغرانج فضل تأسيس هذا المبدأ مباشرة على بعض الصفات البسيطة حول البكرات والخيوط.

ولحل مسائل الستاتيك ادخل لاغرنج طريقه عامة جداً وبسيطة جداً سماها طريقة المضاربات ، تتيح حساب العمل الاحتمالي لردات الفعل .

في مجال الديناميك لم ينحز لاغرانج بصورة علنية الى اي من اولر أو دالمبير، اي بين مدرسة القوة ومدرسة الجرم. كما انه لم يعد الى مسألة ديناميك النقطة لانه اعتبرها واضحة باعمال سابقيه ، ووجه كل اهتماماته نحو صياغة ديناميك الاجهزة بشكل عام .

وحلل لاغرانج على التوالي المبادىء الاربعة في الديناميك : حفظ القوى الحية ، وحفظ حركة مركز الجاذبية ، وحفظ العزم أو مبدأ المساحات ، ومبدأ كمية العمل الأقل .

ويعود المبدأ الاول من هذه المبادىء، كما يقول لاغرنج بحق، الى هويجن ، بشكل يختلف عن الشكل الذي اعطى لهذا المبدأ من قبل ليبنيز وجان برنولي . اما المبدأ الثاني فيعود الى نيوتن . والمبدأ الثالث اكتشفه اولر Euler ودانيال برنولي وارسي Arcy، وهو ليس الا تعميم قاعدة من قواعد نيوتن ذات المتحركات المنجذبة من نفس المركز .

ويصف لاغرانج بالابهام وبالتحكم ، تصور موبرتوي Maupertuis. وينضم الى طريقة اولر «التي تستحق وحدها اهتمام الجيومتريين»، وعمّمها لتشمل حالة جهاز من عدة أجزاء تعمل فيها بينها بشكل من الاشكال. ولا نستطيع هنا ان نرسم تفصيل التحليل الذي سمح للاغرانج ان يضع المعادلات العامة في ديناميك الاجهزة بشكل دقيق وانيق لم يستطع احد الإتيان بمثله او تجاوزه.

نقول فقط أن لاغرانج قال أنّ معادلة المجمل المتكون من القوى المطبقة الفاعلة مع القوى الجامدة وقوى مختلف العناصر في الجهاز المادي هي صفر ، وذلك حين كتب أن العمل الاجمالي لهذه القوى لاغ بالنسبة الى كل انتقال محتمل متوافق مع الاتصالات . وهذه الاتصالات افترضت انها كاملة ، أي بدون احتكاك ولا مقاومات سلبية ، وانها قد تتعلق بالوقت عموماً .

ونجح لاغرانج بان يعبر عن مجمل الحدود المتعلقة بقوى الجمود، في مختلف عناصر الجهاز، تبعاً للمشتقات ، مشتقات القوة الحية الشاملة وحدها ، هذه القوة التي هي دالة من دالات ثوابت الموقع q ومشتقاته الاولى q' بالنسبة الى الوقت ، كما هي دالة من الدرجة الثانية بالنسبة الى هذه المشتقات . ومعادلات لاغرانج التي بقيت معروفة بهذا الاسم ، والتي ما تزال تطبق عالمياً ، كانت ترتدي يومئذٍ الشكل القانوني التالي :

$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial q'}\right) - \frac{\partial T}{\partial q} = \frac{\partial U}{\partial q}$ ، حيث 2T ترمز إلى القوة الحية الشاملة ، وحيث U هي دالة القوى الفاعلة و q احد الثوابت المطلقة ، ويوجد معادلات بعدد الثوابت مما يسمح عن طريق التكامل بتأمين حل مسألة الحركة ، أي تحديد الثوابت تبعاً للزمن .

ويبدو حفظ القوة الحية عندئذٍ وكانه مجرد تابع مرافق لمعادلات لاغرانج. وهذا الحفظ لا يتحقق الا اذا كانت اتصالات النظام او الجهاز ـ المفترض انها كاملة دائماً ـ مستقلة عن الزمن.

وكذلك مبدأ العمل الاقل فهو يعتبر نتيجة من نتائج معادلات لاغرانج ، في الحركة العامة داخل جهاز من الاجسام المحركة بفعل قوى تتبادل التجاذب ، او متجذبه من قبل مركز ثابت.

هذا المبدأ يعود الى الواقعة القائلة بان مجموع القوى الحية الآنية في كل الاجسام هو مجموع أقصى ، منذ اللحظة التي تنطلق فيها الاجسام من نقط معينة الى اللحظة التي تصل فيها الى نقاط اخرى معينة . كما ان لاغرانج يقترح تسميته (اي تسمية مبدأ الفعل الاقل) بمبدأ القوة الحية الاكبر او الاصغر.

ويتضمن كتاب الميكانيك التحليلي للاغرانج ، جملة من المسائل التي لا نستطيع التوسع بشأنها نذكر فقط ، دون التخلي عن ديناميك الجوامد، ان لاغرانج درس تفصيلاً مسألة حركة الجسم الوازن الدائر المعلق من نقطة في محوره ، كما رد هذه المسألة الى التربيعات الاهليلجية .

واعطى لاغرانج ايضاً طريقة عامة للتقريب، لكي يحل مسائل الديناميك - وخاصة المسائل التي يطرحها الميكانيك السماوي - وهي طريقة تقوم على تغير الثوابت الكيفية .

وهنا يضع لاغرانج نظرية الحركات الصغرى، ويدرس استقرارية التوازن ويثبت من ان التوازن يكون مستقراً عندما يكون كامن القوى المعينة اقل ما يمكن ان يكون.

وظل اسم لاغرانج، في الهيدروديناميك، مقروناً بالمتغيرات التي تتيح متابعة عنصر مائع في حركته ، في حين ان المتغيرات المسماة متغيرات اولر ترتبط بحالة سرعات المائع في لحظة معينة في نقطة جيومترية معينة . ومن العدل القول ان اولر قد لجأ في بعض الاحيان الى متغيرات من النمط اللاغرانجي .

ويعود الى لاغرانج الفضل في وضع قاعدة اساسية حول استمرارية الصفة غير الدائرية لحركة مائع ما، عندما تكون قوى الجرم الفاعلة في المائع تتعلق بقوة كامنة ، وعندما يكون ضغط المائع هو دالة محددة بوزنه النوعي . وقد درس لاغرانج ايضاً حركة مائع في قناة قليلة العمق وبين ان الحركة محكومة بمعادلة تشبه معادلة الصوت .

ربما يجد بعض القراء اننا الححنا كثيراً على المناقشات المبدئية التي خضت القرن السابع عشر اكثر مما ركزنا على اعمال كبار الجيومتريين الذين زودوا الميكانيك بتنظيمه النهائي ، في الحقل الكلاسيكي. وعذرنا ان المؤرخ ملتزم باتباع الطريق المملوء بالمصادفات ، وبالاعتراضات التي اتبعها المخترعون . وأنه بالعكس ، فإنّ أولر ولاغرانج يسهل على القارىء الحديث الوصول اليهما مباشرة، كما أنهما يُعلمان حسب الاصول. لا شك انه في أي مجال اخر، لم يلاق الايمان العقلاني الجذري، في عصر الانوار، الايمان بامكانية ادخال التحليل الرياضي في اساليب الطبيعة ، لم يلاق نجاحاً اكثر مما لاقاه في الميكانيك . لقد استطاع دالمبير ان يؤكد ان روح الحساب قد طردت روح النظام . لقد ورثت الاولى الثانية بحيث ان لم تكن الوارث المباشر - لان بعض المخاوف الميتافيزيكية في القرن العظيم ، يمكن

ان تعتبر اعتباطية في نظر العلم الوضعي ـ الا انها على الاقل الشاقل الأكيد: ان مهمة التنظيم لم تصبح في المتناول الا بعد الوضع المؤلم للمبادىء. فضلاً عن ذلك وباعتراف دالمبير بالذات، وجدت روح الحساب حدودها كما ان خطر التسرع في وضع صيغ رياضية لحقائق الفيزياء، قد ظهر ايضاً في مجال الهيدروديناميك. وهكذا فتحت امام الميكانيك مواضيع جديدة للبحث

الفصل الثالث :
معرفة النظام الشمسي

ان التركيب الفخم الذي قام به نيوتن ، في اواخر القرن 17 ، واشمله جملة المعارف الفلكية المعروفة في عصره، اصبح بعد ذلك يحكم ويوجه البحوث. ان المواضيع الواجبة الحل قد وضعت او أوشكت ان توضع ؛ وادت معالجتها رياضيا ، خلال القرنين الماضيين الى بناء ما يسمى اليوم بالميكانيك السماوي الكلاسيكي. ومواجهة النظرية بالتدابير ادت الى نهضة علم فلك المواقع .

وتطورت شروط العمل بسبب الظروف، وهي ظروف سوف نجدها بعد ذلك بقليل في المجالات العلمية الأخرى . فقد توجهت البحوث ، بمواضيعها المتعددة ، على يد المتخصصين . وخلال هذه المرحلة تراكمت النتائج وارتدى التقدم هذا المسار الجذري الذي أصبح الآن شائعاً . واصبحت الاعمال تتم بصورة رئيسية في مراكز مهمة ، خدمة للدول القادرة على تأمين الوسائل المادية الكافية للعلماء ، واستمرارية اصبحت ضرورية ، قبل استثمار المعطيات التجريبية ، استمرارية جعلتها قلة الامن في ذلك الزمن ضعيفة في كل مكان . واغلب النتائج ، باستثناء علم الفلك الرياضي ، حصلت في الواقع في فرنسا وفي انكلترا[1] . وكان مرصد باريس ، الجد الحقيقي لمراكز البحوث الوطنية . قد تأسس سنة 1667، ومرصد غرنتيش بعد ثماني سنوات . وبالتأكيد لم يكن هناك شيء يستحق الذكر خارج اوروبا : فالتجهيزات التي كانت قد استخدمت بجدوى في القرون الماضية ، وبصورة رئيسية في العالم العربي ، اصبحت عقيمة الى غير رجعة .

ورغم تحسين المعدات كان الكون الكواكبي ما يزال بعيداً عن التناول ، ولم يكن اكثر من موضوع وصفي موجز طيلة القرن . وظلت البحوث مرتكزة حول نجوم النظام الشمسي. وكانت الحكومات معنية بتقدم الملاحة والجغرافيا لدوافع تجارية وعسكرية فكانت توجه جزئياً هذه الاعمال وتشجعها بفعالية .

---

(1) كان يوجد أو قد أوجد عدد كبير من المراصد في الجامعات أو الأكاديميات ، إنما ضعيفة التجهيز ، اشتهرت فيها بعد مثل مرصد ليد ، وسان بطرسبرج أو إيطاليا .

I ـ النجاح المؤجل لقانون الجاذبية الكونية

لم يسحب من اول طبعة من كتاب « فيلوزوفيا ناتوراليس برانسيباماتماتيكا » سنة 1687 الا 250 نسخـة ، والطبعـة الثانيـة 750 سنة 1713 . ثم ظهـرت فيها بعـد طبعة 1726 ، والـترجمة الانكليـزية لموت Motte سنة 1729 والترجمة الفرنسية للماركيز دي شاتليه Châtelet سنة 1756 [1] ثم غيرها كثير

وتجدر الملاحظة ان قانون الجاذبية لم يكن له اية حاجـة لدى العلماء في القـارة ، التي كانت مأخوذة بالديكارتية منذ زمن بعيد، وكانت الاجرام السماوية تشكـل في نظرهم ، قسـماً من حالـة في الاشياء طبيعية ؛ والفرضية المصطنعة لفعل من بعيد كان يصدم بـلا عقلانيتـه ، السحريـة تقريبـاً . ونيوتن انكر ان يرى في قانون الجاذبية اكثر من تأويل فرضيات (Hypothèses non fingo) وما دامت هي كذلك فقط فلا يمكن تصور جدواها . انما بفضل التفسير النيوتني للتفاوتات الرئيسية في حركة القمر استـطاعت النظريـة ان تفرض نفسهـا بشكل سـاطع ؛ ولكن التحليـلات الجيومتـرية النيـوتنيـة هي تقريبية ، وقيمة التقريب لن تظهر تماماً الا فيما بعد ، بالمقارنة مع نتـائج معـالجة المسـائل بـالتحليل؛ والديكارتيون الذين رأوا في هذه التحليلات تبريراً مساقاً لحاجات القضية لا يمكن وصمهم بالتحيز .

والعالمان الرياضيان الكبيران المعاصران « للمبـادىء » ، هويجن Huygens وليبنيـز Leibniz، كانت لهم مواقف انتقادية، انما مختلفة تماماً . الاول، وكانت اعماله حول الحركة الدائريـة قد حملت نيوتن الى طريق اكتشافاته ، عرف منذ 1690، تفسير حركة الكواكب بقانون المربع العكسي، ولكنه رفض التجاذب المتبادل بين الجزيئات ؛ ان الجاذبية ، برأيه ، هي جاذبية نحو مركز الارض ، وثابتة وقد جرب مع ذلك القانونين (قوة ثابتة او بسبب المربع العكسي) من اجل حسابه النظري لتفلطح الارض ، اي انه قد شك في تشبيه الجاذبية الارضية بقوة جذب تؤثر في القمر، دون ان يرفضها بشكل منهجي ؛ ولم يشأ ان يبت بالامر الا على اساس براهين مادية لم تتوفر حتى تاريخ وفاته ، سنة 1695.

اما ردة فعل ليبنيز فهي سلبية خالصة فالنظرية النيوتنية ما كانت الا لتصدمه بالاكتشافات التي انتظرت مجيء امثال كليرو Clairaut ودالمبير d'Alembert واولر Euler، بعد خمسين سنة .

وبخلال هذا النصف قرن ، حفز الخلاف بين الديكارتيين والنيوتونيين البحوث التجريبية . ولم يكن صحيحاً ان يقال ان نظرية نيوتن كان لها يومئذ دور يهمل ، او انها لم تكن معروفة تماماً من قبل المعنيين .

وانتشارها لدى الجمهور العام يعزى الى فولتير ، الذي حضر سنة 1727 مأتم نيوتن ، والذي اتى

---

(1) إلى هذا النص ، الذي ليست أمانته مطلقة ، تعـود المراجع الفرنسية بشأن عمل نيوتن ، ومن جراء هذا فهي غير مضمونة . ولا توجد طبعة منتقدة فرنسية للمبادىء . نشير إلى الطبعـة التصويرية الجديدة لـترجمة مدام دي شاتليه (باريس ، ١٩٦٦) .

بالمبادىء في حقيبته . وقد اعتبر حماس فولتير اهانة لديكارت ، وادى الى فضيحة ، وهو امر ما كان ليسوءه. ولكن اكاديمية العلوم في باريس، وبعد سبع سنوات ، منحت جائزة لدانيال برنولي ، من اجل رسالة وضعها سنة 1732، وخصصها لمسألة الجسمين : ونجد فيها، لاول مرة ، الترجمة التحليلية لنظرية نيوتن . وفي الحال ، تلاشت اعاصير ديكارت ، التي لا تخضع للحساب ، في نظر الرياضيين . أما المعارضون الآخرون فقد انضموا عموماً عندما تقرر تفلطح الأرض سنة 1737، سنداً لنظرية الجاذبية الكونية . واخيراً ادت عودة المذنب هالي سنة 1759 الى اجماع في الرأي العام .

II ـ معدات علم الفلك الموقعي

كان قياس موقع كواكب النظام الشمسي والنجوم البراقة موضوع اهتمام الفلكيين في القرن الثامن عشر : وكان علم القياس الفلكي (استرومتري) من صنعهم .

وكان المطلوب من المعدات هو الدقة لا القوة . يجب ان تكون مستقرة وقليلة التعرض للتشويه او التغيير. وكان نموذجها العام القطع (سكتان او ربع الدائرة بحسب زاويتها) ثم فيما بعد آلة قياس خط الهاجرة .

السدسيات ـ تشتمل السدسية (سكتور) على منظار متحرك ضمن سطح حول محور عامودي قريب من الشبحية (Objectif). ويقاس الدوران على قوس مرقم ، كما يشتمل على شاقول (او خيط ذي رصاصة) معلق بمحور الدوران . وهذا الشاقول يسمح بتعيين الخط العامودي على القوس. والمجموع يمكن توجيهه ، وعندها يكون مربوط بحمالة بواسطة مسمار ذي محور عامودي. والناظور مثبت فوق قوس مرقم والسدسيات تكون حائطية ، ومثبتة ضمن سطح الهاجرة . اما الناظور فهو الذي يتحرك فقط .

وشبحية الناظور ، وحتى اكتشاف الاكرمه (اي انفاذ الضوء من غير تحليله) كانت عدسة بسيطة قطرها صغير (عدة سنتيمترات) ، ذات مسافة بؤرية كبيرة (متر او اكثر) اما العينية (Oculaire) فبسيطة انها عدسة مسطحة محدودبة ، انها عدسة كبلر Kepler. وآخر آلة مجردة من الناظور ، وعبرها يتم النظر بالعين المجردة هي العضادة (جزء من الاسطرلاب) ذات وريقات او ريشات تحدد جهة الرصد، وهذه الآلة من صنع هفليوس Hevelius الذي مات سنة 1687 . وكان الاب بيكار Picard هو اول من استعمل سنة 1669 السدسيات المزودة بناظور ذي شبكة .

وكان صنع الادوات يتم حتى ذلك الحين على يد حرفيين او على يد الفلكيين انفسهم . وبعدها قام فنانون (كانوا يسمون كذلك) مشهورون ببناء الاجهزة الاولى ذات القيمة العالية . وتحمل السدسيات المحفوظة حتى ايامنا ، في المجموعات ، اسماء الفرنسي لانغلوا Langlois او الانكليزي غراهام Graham وبرد Bird ورمسدن Ramesden . ويعود جزء من الفضل في هذه النتائج الحاصلة الى هؤلاء الصناع الذين مكنهم صبرهم ومهارتهم العجيبة من تلافي النقص في التقنية .

رصد المرتفعات ـ ان رصودات الاعالي تتم ، فضلاً عن اتجاه المنظار فوق القوس ، على تحديد

موقع الصورة بالنسبة الى خيط افقي ثابت واقع ضمن السطح البؤري للشبحية (Objectif) . اما الميكرومتر ، الذي اخترع في القرن الماضي ، فقد طوره الداغركي رومر Romer تطويراً جعله اشبه بحالته الراهنة تقريباً ؛ فهو يتضمن ، على موازاة الخيط الثابت ، خيطاً متحركاً ، يقاس تنقله بدوران برغي يحدث هذا التنقل . وترصد النجمة تحت الخيط المتحرك ، اما قيمة القياسات فتتعلق بانتظامية تحرك البرغي ، وبغياب التلاعب في جرجرة العربة الناقلة للخيط . ولم تحصل هاتان الخصوصيتان الا بصورة تدريجية . ورصودات برادلي Bradley ، التي سوف نرى دورها فيما بعد ، مدينة بدقتها الى اسلوب مختلف ، يسمى اسلوب « البرغي الخارجي » ، فلا يوجد ميكرومتر في السطح البؤري ، بل برغ ميكرومتري ، يتيح ـ بعد التصويب بالشاقول لقسم من اللمب (حافة كوكب) الملتصق بالمنظار ـ نقل هذا الاخير حتى يتم رصد النجم بالضبط تحت الخيط الثابت ، ثم قياس هذا التنقل .

رصد المرور العابر ـ ان تحديد لحظات المرور بخط الهاجرة لم يلاق اهتماماً الا من يوم اتاحت ساعات ذات رقاص مُرْضية ، تأمين دقة شبيهة بالدقة في قياس المرتفع . فالمرتفع الذي يتغير، في الحين من "10 الى "1 (بحسب طبيعة الرصودات) يتوافق ، فيما خص التنقل الذي يترجم الحركة اليومية ، مع فترة من الزمن تتراوح بين ثانية الى 1/10 من الثانية ، اذا كان الامر يتعلق بنجمة بعيدة عن القطب. ومنذ ان ابتكر هويجن (1657) Huygens، الرقاص المنظم ، بذلت جهود لتحسين الساعات ذات الرقاص ؛ ولكن التغييرات غير المتوقعة في الرصودات العابرة عموماً ، توحي ببعض الحذر للفلكيين . وبعد اتقان المنفذ المعزو إلى غراهام (1715) ، واستبعاد المفاعيل الحرارية على المنظم (انبوب زئبقي وضعه غراهام 1726، حاجز ثنائي المعدن ، من صنع هاريسون ، حوالي 1730) تمت العودة الى الرصودات العابرة ، التي سبق ان قام بها بيكار بصورة منهجية .

وهناك عدة خيوط عامودية على الخط الأفقي مرتبة بشكل تناظري في السطح البؤري . وتقدر لحظات المرور بهذه الخيوط بفضل عملية الرصد بالعين والاذن ، وهذه العملية ابتكرها برادلي Bradley وظلت تطبق طيلة مئة وخمسين سنة ، الى ان تم انجاز المعدات المسجلة كهربائياً : فقد كانت تعد ضربات رقاص بالثانية ، وتدون بالعين المواقع التي يحتلها النجم اثناء نبضات الرقاص ، هذه النبضات التي تشمل لحظة اجتياز الخيط . وكانوا يستطيعون بهذه الطريقة تجزئة الثانية الى اعشار.

ادوات خط الهاجرة ـ رغم ان اسلوب برادلي لم يكن يخلو من اثر منهجي مرتبط بالراصد فان الخطأ الرئيسي في هذه القياسات كان مصدره قلة مقاومة التشويهات الجانبية من قبل القطع (Secteur) الحائطي : فمحور الناظور ذي المترين كبؤرة ينتقل بمقدار "10 اذا اصاب الطرف المتحرك فيه تحريك عرضي مقداره 0,1 مم اي عشر المليمتر، في الوقت الذي كانت قيادة الطرف لا تؤمن بمثل هذه الدقة بالملامسة بواسطة قوس معدني شعاعه 2 متر. ومع ذلك، وبعد 1690 انجز رومر الماشينا دومستيكا اي الالة المتحكمة ، وهي اول اداة هاجرية للمرور ، ركزها في اطار شباك في منزله في مدينة كوبنهاغ . واهم خصائص الالة الحديثة كانت موجودة فيها : محور الدوران يمر في وسط المنظار ، الذي كان انبوبه

مؤلفاً من مخروطين ملتصقين بقاعديتهما . وكانت ارتجافات المحور تتفادى بنظام من التوازنات تعادل وزن المنظار . اما خيوط الميكرومتر فكانت مضاءة . وكان هذا الانجاز بدون غد . فالتجهيزات العبقرية التي وضعها رومر لم تتحقق الا بعده بوقت طويل ، وبعد تلمسات لا مبرر لها .

ونفس المصير اصاب الآلة المسماة روتامريديانا ، وهي دائرة هاجرية كان رومر قد استعملها انطلاقاً من سنة 1704 لرصد الارتفاعات الهاجرية . وكانت الدائرة ، حالها كحال الادوات الحديثة ، دائرة كاملة متماسكة مع المنظار . وكان الجميع محمولاً بمحور الدوران الذي يرتكز على اعمدة . وقلة المبالاة التي واجهت هذا الجهاز لها ما يبررها هنا : ان صغر حجم الدائرة الاضطراري وكذلك صغر المنظار لم يكونا يأتلفان مع المسافات البؤرية الكبيرة في الشبحيات Objectif البسيطة الضرورية لتلافي نتائج التضليل الألواني .

الشبحيات المركبة (Les objectifs compsés) ـ كانت الاكرمة اي تفادي التضليل اللوني احدى مكتشفات منتصف القرن[1] . فحتى ذلك الحين كانت الهدفيات مؤلفة من زجاجة واحدة . وكان التضليل اللوني يشتت فوق المحور البؤر المتعلقة بالالوان ، القصوى ؛ وكانت الصورة ، وهي بقعة متقزحة ، اي متعددة الالوان ، لا تبدو صغيرة الا اذا كانت رزمة الضوء شديدة التفكك اي اذا كانت فتحة الهدفي ضعيفة جداً . وكانوا يستعملون شبحيات نسبة فتحتها (اي نسبة قطر المسافة البؤرية) تتراوح بين 1/50 للهدفيات الصغيرة (2 الى 3 سنتيمتر) وبين 1/300 للهدفيات الكبرى .

وانطلاقاً من سنة 1758 انتج البصري الانكليزي دولون Dollond، بشكل عادي المزدوجة الاكروماتيكية (التي تُذهب تضليل الالوان) الكلاسيكية المتكونة من عدسة مقاربة من الزجاج العادي ومن عدسة مفرقة من البلور الرصاصي الخاص او فلنت Flint .

ونشأت نظرية التضليل (الهندسي واللوني) بعد ذلك بقليل . وبنفس الوقت تقريباً بُني علم بصريات الهدفيات كاملاً تقريباً . انه من صنع كليرو Clairaut ودالمبير d'Alembert . وبحوثهما المتزامنة وقعت بين 1760 و1768 وكانت حصائل اعمالها تتكامل . وتحليل الاضاليل من الدرجة الثالثة قد تم والتصحيح قد عُرض . وحسب كليرو وحقق الهدفيات الاولى الممتازة التي تُـذهـ ، الزيغان والتضليل .

III ـ اتجاهات الكواكب الظاهرة واتجاهاتها الوسطى

ان الاتجاه الظاهر لنجم ما يتحدد بمعرفة الانحرافين الزاويين (انحراف وصعود مستقيم) المحددين نسبياً بالسطوح الاساسية : خط الاستواء السماوي ودائرة فلك البروج . والملاحظات المدونة في حقبتين مختلفتين لا يمكن مقارنتها مباشرة الا اذا كانت الارض والسطوح الاساسية ثابتة . وحركة الارض تهز الاتجاه الحقيقي لمفعول التضليل والزيغان . وحركات السطوح الاساسية تؤثر في

(1) انظر الفصل 1 من الكتاب 2 من هذا القسم .

الإحداثيات لمفعول مبادرة الاعتدالين (Précession)، وهو حدٌ قديم جداً (اي تراكمي) ومفعول تمايل محور الارض بفعل الشمس والقمر معاً (الكبو) وهو حدٌ دوري يؤرجح الإحداثيات حول القيم الوسطى . وانتقال الاتجاه الظاهر لكوكب ما الى اتجاهه الوسطي يسبق بشكل طبيعي استخدام الرصد .

من هذه المفاعيل الثلاثة ، اذا كان الثاني ، وهو معروف قديماً ، قد فُسر من قبل نيوتن ، فان الاول والثالث سوف يكتشفان ويفسران سنة 1728 و1737 . وهكذا تشكل فصل مهم في علم الفلك ، بمعظمه في مطلع القرن . وهذا قد تحقق بشكل فريد بمناسبة موضوع لم يأخذ حله الا في القرن التالي : تحديد زاوية الاختلاف النجومي .

ومفعول زاوية الاختلاف هو بشكل عام الاختلاف الذي يحصل بالنسبة الى نظام مرجعي ثابت ، للاتجاه الذي يجمع بين نقطتين تتحركان حركة نسبية . واحد عناصر هذا المفعول هي المسافة بين نقطتين . ان حد الانحراف او زاوية الاختلاف ، تستعمل من قبل الفلكيين للدلالة على الفرق الزاوي الذي من خلاله، وعن هذا البعد، نرى طولاً اتفاقياً اصطلاحياً (شعاع وسط الارض، اذا كان الامر يتعلق باجسام من النظام الشمسي، وشعاع المدار الارضي اذا كان الامر يتعلق بالكواكب). واذاً فهي فروقات او انحرافات زاوية تحدد المسافات ، التي ليس لها اي معنى دقيق على الصعيد الكواكبي، بالمعنى الصحيح للكلمة .

واذا كانت الارض تدور حول الشمس، فان الاتجاه الظاهر لكوكب قريب موجود في شمال المدار (فلك البروج) يجب ان يتلقى حركة دائرية سنوية بالنسبة الى اتجاهات النجوم البعيدة جداً عنا (والتي تكون هذه الحركة بالنسبة اليها غير محسوسة) ، وفرجة التنقل هي بالضبط درجة انحراف النجم ؛ وضمن اتجاه آخر غير اتجاه قطب فلك البروج تكون الحركة التي حصلت في نفس الحقبة اقل بساطة ولكنها اسهل حساباً . واكتشاف انحرافات الاجرام السماوية ، اي اختلاف درجتها كان وسيلة اكيدة للتثبت من مادية حركة الارض حول الشمس، اذ كان ذلك حتى ذلك الحين يقيناً رياضياً فقط .

اكتشاف الزيغان ـ كان العلماء يأملون بالتثبت من مفعول الانحراف انطلاقاً من نوع من القياس الذي يؤمن اكبر ضمان في تلك الحقبة: المسافة السمتية او الاوجية ـ وذلك في لحظة الذروة ـ لنجمة مسافتها هذه ضعيفة ، وهذا الاحتياط يخفف من دور الانكسار ؛ انها النجمة نفسها ، ٢ دراكونيس التي اصابتها التجربة طيلة 60 سنة .

ومنذ 1669 ظل هوك Hooke يراقبها ، واكتشف فيها تغييراً سنوياً مقداره ″30. تقريباً ؛ وظن انه نجح . ولكن نوعية القياسات كانت عقيمة . وبالعكس، لاحظ بيكار وهو اب علم الفلك الدقيق ، بعد ذلك بقليل ، وبالنسبة الى النجم القطبي ، لاحظ تفاوتاً سنوياً مقداره اربعون ثانية ؛ وتقرر انه ، رغم وجود هذا الفرق السنوي ، فهو لا يتفق في اتجاهه مع التفاوت الانحرافي (بارالاكتيك) .

وحصلت تأكيدات لهذا المفعول غير المتوقّع بالنسبة الى ٢ دراكونيس Draconis. وعندها في

سنة 1727 بنى برادلي خصوصاً قطعاً سمتياً (سكتور) من 4 امتار ، مزوداً بـالبرغي الخـارجي الذي سبق وصفه اعلاه : واستطاع ان يكتشف في السطح الهاجري قـوساً قصيـراً نسبياً من °12 ونصف، ولكنه كافٍ لرصد 200 نجمة ؛ اما الاخطاء في القياسات فلم تبلغ ثانيتين. وسرعان ما اكتشف برادلي تغييراً في المواقع الظاهرية لكل النجوم؛ وبعد سنة ،عادت كل الاتجاهات الى مواقعها الاولى ؛ والشيء العجيب ان فرجة الانحرافات بدت هي ذاتها . فضلاً عن ذلك شبهت الظاهرة مـا كان متـوقعاً من درجة الانحراف (بارالاكس)، اي ما يقارب من تأخير ثلاثة اشهر : ان الانحراف لم يحدث في اتجاه الشعاع شمس ارض بل في الاتجاه العامودي الذي هو بشكل محسوس اتجاه حركة الارض .

واتاحت نظرية نيوتن حـول بث الضوء لبـرادلي، ان يؤول الانحراف وكـانه النتيجـة الظاهـرة لتفكك سرعة شعاع ضوئي ساقط ولسرعة الارض اثناء حركتهـا السنويـة . وبلغ الفرق النـاتج عن الانحراف ، او زيغان الثوابت ذروته عندما كان هذان السـهمان عاموديين . وهذه القيمة الذروية هي مقدار الزيغان الشمسي، او الزاوية التي تتحرك ضمنها الارض ، طيلة الزمن الذي يضعه نور الشمس ليصل الى الارض . وكان الـزيغان الشمسي معـروفاً ومقـدراً . بحوالي عشـرين ثانيـة ، وذلك منـذ الاكتشاف الشهير من قبل رومر للحركة المتتالية للضوء ، وهو اكتشاف يعود الى سنة 1675 [1]

وفي ايلول 1728 قدم برادلي تفسيراً لهذه التنقلات الظاهرية ذات الفرجة النصفية البالغة عشرين ثـانية . وظهـرت رسالتـه التي اعطاهـا للجمعية الملكيـة في لنـدن ، حـالاً ، في مجلة « فيلوزوفيكـال ترانزاكسيون » وكان لها وقع كبير. لقد تقررت حركة الارض الفعلية حول الشمس، وبشكل مختلف عما كان متوقعاً .

وفيما بعد ، ولتفسير الزيغان ، في اطار نـظرية التـأرجحات ، تم اللجـوء الى الاعيب متعبة ؛ واليوم لا يمكـن تعريف مسار الشعاع الضوئي بصورة ابسط ، اذ يتوجب تدوينه في المركب الفضائي ـ الزمني ـ المحلي ، ولم يعد تفسير برادلي كافياً : الا ان التصحيح الذي اصاب نتيجة تفسيره الجيومتري لم يكن الا من الدرجة الثانية اي 1/10000 بقيمة نسبية ، دون اي تغيير عددي طارىء .

تمايل محور الارض ـ ان البحث عن درجات انحراف الكواكب لم ينتهِ بعد. وتابع برادلي قياساته بعد ان نقب في الملاحظات المتعلقة بالزيغان الذي اكتشفه .

وكانت الدقة البالغة جزءاً (ثانية) من الـدرجة غـير كافيـة ـ وقد عُـرِف ذلك ، بعـد قرنٍ من الزمن ـ لكي يظهر مفعول انحراف الدرجة (بارالاكس)، ذلك ان النجوم الاقرب كانت بعيدة بعداً لم يكن بالامكان تصوره في ذلك الزمن .

ولكن هذا اتاح ، من مجمل الرصـودات ، اكتشاف (1737)، ثم بعـد عشر سنوات ، تحـديد تفاوت معقد مدته تساوي 18 سنة .

وهذه المدة هي ايضاً مدة الدوران ، دوران خط عقد القمـر. وقد سبق لنيـوتن ان فسر انتقال

(1) راجع القسم 2 ، الكتاب 1 ، الفصل 3 .

مكان محور دوران الارض ، بتأثير الشمس والقمر، على الانتفاخ الاستوائي في الارض. وقد استنتج برادلي من ذلك ان التأرجح ، خلال 18 سنة ، تأرجحاً في الموقع النسبي لسطح المدار القمري بالنسبة الى سطح خط الاستواء الارضي ، يجب أن يُدخل تفاوتاً بذات المدة في حركة محور دوران الارض؛ واحداثيات النجوم أسندت بالتالي إلى نقطة متحركة وتتغير بصورة دورية

وقد جر تحليل الرصودات برادلي الى وضع ـ بالنسبة الى محاور مدار التأرجح (Nutation) الذي يرسمه القطب ـ مقدار "18 و"16 (وهما قيمتان مقبولتان اليوم : "18,40 و"13,8) .

الانكسار الفلكي ـ هناك ظاهرة مختلفة تماماً ولكنها تدخل بنفس الظاهرات السابقة ، في تخفيض الرصودات الظاهرية ، وهي الارتفاع الذي يصيب الشعاع الضوئي اثناء مروره عبر الفضاء الارضي. هذه الظاهرة التي تتجاوز "30 عند الافق ، لم تفت الرصاد الاقدمين ، ولكنها ظلت مقصورة على الارتفاعات الخفيفة . وعرض المنظرون الاولون ان الانحراف مستمر ، وهو تنازلي منذ الافق ، ويلتغي فقط عند السمت : على هذا كان كبلر Kepler سنة 1604 (لانه لم يكن يعرف قانون التجاويف « سينوس ») وكذلك ج .د.كاسيني J.D.Cassini سنة 1666، يوم كان ما يزال في بولونيا. ولكن دقة القياسات لم تكن تسمح بتقييم مقدار الثقة التي كان من الواجب اسنادها الى هذه النظريات .

والانكسار، الذي يتجاوز "30 عند المسافات السمتية ذات 30 درجة ، يجب اعتباره الان بصورة اصح . وبنيت على هذا جداول مختلفة . وكانت جداول برادلي، المستخرجة من سلاسل ملاحظاته الطويلة ، مقبولة في انكلترا. اما بوغر Bouguer الذي وضع جداول نصف نظرية ، فقد درس ايضاً مفعولين مهمين ، اثناء رحلته الى خط الاستواء ، هذه الرحلة التي سنذكرها فيما بعد. فقد وجد بالنسبة الى الانكسار الافقي ، فرقاً مقداره "35 بين المقدار عند مستوى البحر والمقدار المقاس في كيتو، التي تقع على ارتفاع 3000 متر تقريباً . ومن جهة اخرى فقد قبل بهبوط عند خطوط العرض الدنيا ، مقداره "7 بين خط العرض 50 وخط الاستواء؛ والواقع المقصود هنا هو تأثير الحرارة ، تأثيراً اشتبه به بوغر فقط. ومهما كانت هذه الجداول غير مكتملة ، فقد اتاحت ، بالنسبة الى المسافات السمتية الاقل من 45^{o}، ان لا تدخل على الانكسار خطأ اعلى من مسافات الرصد بالذات .

ولا يوجد اي مشجع ايجابي لصالح نظريات الانكسار الفضائي ، عندما عالج المشكلة لابلاس سنة 1804. وحله يجب ان لا يكون قد تغير تغيراً مثمراً ، فيما بعد، انه ما يزال مرضياً بمقدار ما يسمح به الغموض النسبي الذي حددت به الظاهرة .

IV ـ الحركات في النظام الشمسي

ليست حركات الكواكب هي التي سوف تكون موضوع بحوث شهيرة ؛ ان قوانين كبلر، التي تترجم الفعل الرئيسي ، اي فعل الشمس تمثل هذه الحركات بصورة ادق. وقد جرى التركيز ،

بالعكس، على دراسة المذنبات ، وهي نجوم شاذة ، وعلى القمر لان حركته غير المنتظمة حملت بلين Pline القديم على القول انها اي هذه الحركة تعذب افكار الرصاد ، كما حملت نيوتن على القول بانها تسبب وجع الرأس والارق .

المذنبات ـ منذ تيكوبراهي Tycho Brahé كان من المعروف ان المذنبات هي ذات تغير ظاهري غير محسوس ، وليست ضمن فضاء الأرض . وقد رسمت مساراتها ، رسماً تجريبياً : مستقيماً احياناً ومستديراً او بيضاوياً . وقد وسع نيوتن قانون الجاذبية حتى اشمله المذنبات ، ورسم مداراتها بشكل اهليلج مستطيل يشبه البارابولات في المنطقة المجاورة للشمس حيث رصدها يكون ممكناً (رصد الاهليلجات) وقدم ايضاً طريقة لتحديد المدار البارابولي انطلاقاً من ثلاثة رصودات للاتجاه ، بواسطة بناء رسمي وتقريبات متتالية ؛ وهي طريقة غير مكتملة ولكن دقتها ترضي ، نسبة الى دقة رصودات ذلك الزمن .

من المعروف ان هالي Halley طبق هذه الطريقة على تحديد مدار مذنب 1681 – 1682[1]. وقد حرص ايضاً على حساب مدارات المذنبات القديمة التي سبق ورصدت رصداً كافياً ، وقد عثر منها على 24 مذنباً . وكان منها اثنان لهما نفس عناصر الزوايا ، (مع فرق أقل من درجة، مثبتاً موقع سطح المدار وموقع محوره) التي كانت لمذنب 1682 . وكانت نقطة الراس (اي النقطة الاقرب الى الشمس في مدار المذنب) بالنسبة الى المذنبات الثلاثة ، متساوية المسافة بالنسبة الى الشمس. وكانت سنوات ظهور المذنبات وهي 1531– 1607 و1682، تتوافق بحيث تسمح برؤية نفس الشيء في المذنبات الثلاثة ، التي رسمت مداراً بيضاوياً من 76 سنة. وكانت نقطة المدار الابعد من الشمس قد تحددت بمقدار المحور الاكبر للقطع الاهليلجي، المستخرج عملاً بقانون كبلر الثالث، والواقع ابعد عن الشمس اكثر بـ18 مرة من بعد الارض عنها، اي مرتان ابعد من اعظم مسافة تبعدها ابعد الكواكب المعروفة يومئذٍ وهي زحل .

وقد تنبأ هالي اذاً برجوع المذنب ، لسنة 1758، المذنب الذي كان رصده سنة 1681– 1682 . وكان لعودة المذنب في التاريخ المحدد ، وهو امر سوف نعود اليه، كان له وقع عظيم . وكان له ايضاً نجاح باهر بالنسبة الى نظرية نيوتن . وكان لذلك ايضاً اهمية سيكولوجية بسبب التأثيرات الغامضة ، الضارة عموماً ، التي تعزى ، بحسب المعتقد الشعبي الى اشياء تخرج ظاهرياً عن نطاق القوانين الطبيعية . هذه المعتقدات الراسخة ، قد تحطمت بعمق ، ولم تعد للظهور الا من عهد قريب .

تحديد المدارات ـ لم يوجد بعد ذلك اي مذنب دوري مكتشف قبل مذنب انكي سنة 1818 . وقد سجل مروران لهذا المذنب في آخر القرن الثامن عشر ، ولكن ظهوره لم يكن كافياً حتى يبرز للعيان . في هذه الاثناء كان العمل من اجل التعرف على المذنبات قد اعد ، من قبل البحوث المخصصة لاستكمال طريقة نيوتن من اجل حساب المدارات انطلاقاً من ثلاثة رصودات . ويعبر عن

(1) راجع أعلاه القسم 2 ، الكتاب 1 ، الفصل 3 .

المسألة جيومترياً بعبارات بسيطة : العثور على مخروط ذي بؤرة معروفة يقطع ثلاثة اتجاهات محددة في الفضاء ، في نقاط بحيث تكون السطوح المكنوسة بالشعاع السهم المنطلق من الشمس، على طول القوسين المحددين على هذا الشكل، بنسبة معروفة (نسبة تباعدين زمنيين يفصلان الملاحظات الثلاث) . والحل ليس جبرياً .

وحالة الحركة البارابولية ، التي كانت وحدها تهم في تلك الحقبة من اجل تطبيقها على المذنبات ، تلقت من اولبير Olbers سنة 1790، المعالجة التي ما تزال مستعملة اليوم ؛ والعنصر المهم في هذه الطريقة هي صيغة ، تربط ، فيها بين موقعين ، الحقبة الزمنية والاشعة ، والحبل القاطع La corde نشرها اولر Euler بعيد 1744 . وتلقت هذه الصيغة ، في اغلب الاحيان ، اسم الرياضي الذي وجدها بنفسه مستقلاً ، بعد بضع سنين، هو لامبير Lambert، الذي من مزاياه انه كان لديه الالهام بالدور المتواضع الذي تلعبه درب المجرة في قلب الكون النجومي .

وحالة الحركات الاهليلجية عولجت نظرياً من قبل لابلاس سنة 1780 ولاغرانج (1778و1783) وطرقهما المختلفة لما تستثمر فعلاً حتى اليوم ، وليس من المستبعد ان تكون طريقة لابلاس غير ذات استعمال مريح .

جداول القمر ـ ان المفعول المتبادل بين الكواكب لم يكن امراً غير محسوس. وقد اهتم نيوتن بالامر؛ بل انه اطلق الفكرة بان الاضطراب الذي تحدثه هذه المفاعيل في الحركات يقتضي بصورة دورية التدخل الالهي، وفي هذا موضوع انتقاد امسك به ليبنيز . والواقع ان « الاضطراب » المنسوب الى الارتجافات محدود، ويتعلق قبل كل شيء بالقمر .

ان جداول القمر ، اللازمة يومئذ للبحارة ، كانت ذات طبيعة تجريبية في اواسط القرن التاسع عشر . فقد كان المطلوب من الارصاد تقديم كل المعاملات Coefficients المتعلقة بالتفاوتات التي اتاحت القياسات كشفها ، وفيما بعد معاملات التفاوتات التي قضت النظرية بتوقعها . وبنى هالي ثم ت. ماير T.Mayer جداول سنداً لرصوداتهم الطويلة المتتالية . ونشرت جداول ماير سنة 1770، اي بعد ثماني سنوات من موته ، وظلت لمدة طويلة قيد الاستعمال . وقد خصص البرلمان الانكليزي لأرملته مكافأة قدرها 3000 ليرة استرلينية عن هذه الجداول .

التسارع الزمني للقمر ـ بين العناصر المعقدة في حركة القمر ، يحتل التفاوت الزمني مكانة خاصة : فقد لاحظ هالي وهو يقارن بين تواريخ الكسوفات المدونة منذ العصور القديمة ، لاحظ سنة 1693 ان حركة القمر حول الارض تتسارع . وفيما بعد قدر ت. ماير بـ "13 ثم بـ "18، في كل قرن ، التزايد لمتوسط حركة القمر في كل قرن . ومثل هذا الحدث لم يكن موضوع نقاش : فقد ترجم بتفاوت في موقع القمر بلغ درجة واحدة في 20 قرناً .

وأدى قانون المساحات الى تقلص مقابل في المسافة بين القمر والارض ، يؤدّي الى التصاقهما وهذه الكارثة وان كانت بعيدة جداً فهي تبعث على الخشية . وقد اطمأنت العقول المهتمة بأبدية ركيزتنا ،

عندما ربط لابلاس في سنة 1787 هذا التفاوت بتفاوت ناتج عن انحراف مدار الارض عن مركزه ، بعد ان حدد مقداره . وبالفعل ان التغير في المسافة الوسطى بين الارض والشمس ينعكس على المسافة الوسطى بين القمر والشمس. ومتوسط حركة القمر مرتبط جزئياً بهذه المسافة الاخيرة اي بالمسافة بين القمر والشمس. ويعود الامر في النهاية الى نوع من التفاوت الدوري الضعيف المدى المعزو الى الارتجافات الكوكبية في المدار الارضي . ولكن الحقبة هي من الطول بحيث ان الظاهرة، تبقى لعدة الاف من السنين واحدة بشكل محسوس.

والاتفاق بين القيمة النظرية التي وضعها لابلاس والقيمة المبنية على التجربة كان اتفاقاً كاملاً . ولكنه لم يكن الا ظاهرياً: فالحدود المهمولة في الحساب ردت فيما بعد الزيادة الزمنية الى "14 ؛ أما القياسات العصرية فتحمل المقدار المرصود الى "25. ومن المعروف اليوم ان القيمة المرصودة ، يجب ان تجرّد ، فعلاً من مفعول مهم اتاحت القيمة النظرية تقديره بدقة : فالوحدة التي استخدمت لقياس الازمنة ، واليوم الشمسي الوسطي ، تزداد كل قرن ، لان دوران الارض يصيبه البطء . هذه الخسارة في الطاقة الحركية تعزى في معظمها الى النّو في البحار والى لزوجة الماء التي يجب ان لا تهمل . وكان الفيلسوف كانت Kant قد استشعر في سنة 1754 بهذا البطء الارضي وسببه.

مشكلة عدد الاجسام n ـ لا تنفصل الدراسة التحليلية لحركة القمر عن البحوث حول الارتجاجات ، اي عن دراسة الموضوع الشهير موضوع عدد (n) الاجسام : حركة عدد من النقط المادية تتجاذب بحسب قانون نيوتن .

في حالة وجود مذنب ، ذي جرم لا يستحق الذكر ، تكون المسألة مبسطة : يكفي ، على حدة حساب الارتجاجات التي يتلقاها المدار الكيبلري من قبل الكواكب الاكبر او من التي يقترب منها المذنب اكثر. ولهذا وضع كليرو Clairaut تاريخ العودة الى النقطة الاقرب من الشمس ، للمذنب هالي ، بعد الأخذ بالاعتبار تأثيرات زحل والمشتري ، وحدد هذا التاريخ في 13 نيسان 1759 ، أي بتأخير عدة شهور عن التاريخ الذي تحدده حركة غير مرتجفة . وقد حدث المرور الفعلي قبل شهر من التاريخ المحدد، ذلك ان تقديرات اجرام الكوكبين ، غير المؤكدة لم تتح دقة اكبر ، رغم ما امتازت به فعلاً .

وتبدو اكثر تعقيداً المسألة المتعلقة بالكواكب التي تتفاعل فيما بينها ، وكان اول مفعول من هذا النوع قد لوحظ بعد سنة 1675: فقد لاحظ هالي وجود تفاوت باتجاهات متعاكسة في حركات المشتري وزحل . وعرضت دراسة الارتجاجات المتبادلة بين هذين الكوكبين كموضوع ذي جائزة قدمته اكاديمية العلوم في باريس سنة 1748 وسنة 1752. وربح اولر Euler الجائزتين . وبهذه المناسبة ادخل الطريقة التي اصبحت اليوم كلاسيكية . والتي اطلق عليها الاسم الغريب « تغيرات الثوابت ». وتمت دراسة حل نظام المعادلات التفاضلية انطلاقاً من دراسة نظام قريب ولكنه قابل للتكامل : فثوابت مكاملة النظام الأخير، المعبر عنها تبعاً للمتغيرات الأساسية ، هذه الثوابت اعتبرت كمتغيرات جديدة .

وبفضل اعمال كليرو، ودالمبير، واولر، ولاغرانج، ولابلاس، اصبحت المسألة، ان لم تكن محلولة، فعلى الاقل مطروحة بالشكل النهائي الذي يسمح بالمعالجة العددية لمختلف الحالات. ومن النتائج الرئيسية لهذا العمل الضخم نكتفي بالاشارة فقط الى بعض النتائج التي يمكن ان تصاغ ببساطة.

لقد اعطى دالمبير سنة 1749 لمبادرة الاعتدالين (Précession) تفسيراً اكثر دقة من التفسير الذي قدمه نيوتن، واعطى للانحراف الارضي (Nutation) المحدد منذ سنتين تقريباً، تفسيراً رياضياً، لم يستكمله بوانسو Poinsot الا بعد مئة سنة.

ورد لاغرانج مسألة الاجسام الثلاثة الى حل نظام المعادلات الاثنتي عشرة الى تفاضليات العناصر الآنية في المدار، وهي المعادلات التي سميت معادلات لاغرانج الكلاسيكية في الميكانيك السماوي. وهذا النظام سوف يكون اساساً لكل الدراسات اللاحقة وبصورة خاصة لاعمال لوفريه Le Verrier؛ لقد انبثقت جداول الكواكب عنه.

استقرارية النظام الشمسي واصالته ـ يعتبر لابلاس ولاغرانج مؤلفي النتيجة الشهيرة حول ثبوتية المحاور الكبرى. فقد بين لابلاس سنة 1773 ان طول محاور المدارات الكواكبية لا يتغير مع الزمن بعد تقريب النظام الاول بالنسبة الى الاجرام والثاني بالنسبة الى الخروج عن المحاور او المراكز وبالنسبة الى الانحرافات، ورفع لاغرانج، بعد ذلك بـ 3 سنوات القيد المتعلق بالخروج عن المركز وبالانحرافات ولكنه بشكل خاص قدم اقتراحاً بتبيين مدهش في فخامته وبساطته. واذا كان من الصواب التوضيح بان استقرارية النظام الشمسي لم تتقرر بهذه النتيجة الا بشكل نسبي؛ واذا كان بواسون قد وسعها سنة 1809 بحيث تشمل النظام الثاني من الاجرام، فقد ثبت تماماً فيما بعد ان هذه النتيجة لم تثبت عند التقريب الثاني، فيجب ان لا ننسى ان المسألة الحقيقية رغم قربها الشديد من المسألة الرياضية فهي تنفصل عنها حتماً بالمفاعيل الفيزيائية اكثر من بعدها عنها بالحدود المهملة في المعالجة الرياضية.

وتدرج نشر كتاب الميكانيك السماوي لمؤلفه لابلاس Laplace، بين 1799 و1825. اما نيوتن فقد دمج المعارف في عصره، وقام لابلاس بتحليل معارف عصره. وكثير من هذه المعارف كانت ثمرة جهوده الخاصة[1]. الى جانب هذا البناء، كانت هناك محاولة تركيبية متواضعة بشكل مذكرة ادخلت ضمن كتاب «عرض نظام الكون» (وهو كتاب نشر سنة 1796، ثم عدل عدة مرات): وهي فرضية تكون النظام الشمسي انطلاقاً من سديم اولي اخذ يبرد بصورة تدريجية. وعلى الرغم من عدم وجود اي حساب تبريري في النص، فان العالم المثقف الذي اليه يوجه الكتاب، قد وعى تماماً انه يوجد

(1) بعض هذه المظاهر في كتاب لابلاس سوف تعالج في المجلد التالي (القرن التاسع عشر).

هنا ، ولاول مرة، تمثيل للكون ذو طبيعة علمية حقة[1]. فالفرضية السديمية ، التي ظلت مقبولة لمدة طويلة ، ثم انتقدت دون ان تستبدل ابداً بأفضل منها ، جددت ، من عهد قريب، في ضوء تقدم الفيزياء الكواكبية ؛ واصبحت تستند الى فرضيات علم الكون الحديثة التي تبدو اكثر قوة ومتانة .

V ـ أحجام النظام الشمسي

دلت الملاحظة على اتجاهات الكواكب ، وبفضل قانون كبلر الثالث Kepler III عرفت مسافاتها النسبية . ولمعرفة السلم الذي تجري بموجبه هذه التحركات من الضروري رد احد العناصر الى مسافة ارضية ، هو الشعاع الاستوائي الارضي، بالمناسبة ، وبالتالي قيام زاوية الاختلاف (بارالاكس) الوسطية . وبارالاكسات الشمس والكواكب تعرف من واحدة منها ، وتصبح المشكلة تحديد « بارالاكس الشمس » (بصورة مباشرة او غير مباشرة)، ان كوكبنا التابع [القمر] وحيد، وتحديد البارالاكس القمري هو مسألة ثانية مستقلة .

والوسيلة الطبيعية لقياس البارالكس هي تريغونومترية ، شبيهة بتثليث توبوغرافيين او علماء المساحة. ويجري الأمر بالنظر المتزامن الى الشيء من محطتين تكون مواقعهما النسبية محددة. وزاوية الرؤية تكون ضعيفة بحيث ان المحطات تكون بعيدة جداً . ويجب ربطها بواسطة الإحداثيات الجغرافية التي تحدد كواكبياً .

نضيف ان البارالكس يتغير عكساً مع المسافة . ولتثبيت الافكار نقول ان البارالكس البالغ"10 تتطابق معه مسافة من 2656,5 شعاع استوائي ارضي ، اي ما يعادل 132 مليون كيلومتر .

مهمة كايان Cayenne ـ في سنة 1670 كلفت اكاديمية العلوم جان ريشر Jean Richer بمهمة علمية في مدينة كايان. ومن القياسات المهمة التي اجراها سنة 1672 و1673، نذكر هنا ملاحظاته حول كوكب المريخ الذي حصل مروره في الوجه المعاكس خلال تلك الحقبة ، بحيث كان في موضع ابعد ما يكون عن الشمس. انه ظرف مر فيه الكوكب باقصى قربه من الارض . وبواسطة قطع (Secteur) من مترين قاس ريشر فروقات الارتفاع الهاجري ، أي الميل بين المرّيخ والكواكب المجاورة. بخلال هذه الفترة كان بيكار Picard وج. د. كاسيني J.D. Cassini يعملان نفس الشيء في باريس مع نفس الكواكب . وكان الفرق في خطّ العرض بين المحطّتين يبلغ حوالي °45 .

وأتاحت مقارنة القياسات تحديد بارالكس المرّيخ بـ "25 ، أثناء فترة التعارض .

في اقصى البعد عن الشمس (بريهيلي)، تساوي المسافة بين الكوكب والشمس 1,38 شعاع المدار الارضي. ومن جراء التعارض ، فان المسافة بينه وبين الارض هي 0,38. اي ان البارالكس

---

(1) الواقع أن تميل كانت Kant 1755، رغم ضعفه الأكيد يمتاز بالأسبقية ولذا يطلق غالباً على الفرضية السديمية اسم لابلاس كانت Laplace Kant .

الشمسي الذي هو بالنسبة الى بارالكس المرّيخ، ضمن هذه النسبة 0,38 يكون ″5,9 (القيمةالحقيقية هي ″8,8). وقبل هذا التحديد كانت كل الفرضيات حول الابعاد في النظام الشمسي من نسج الخيال الخالص.

وتمضي اكثر من ثلاث ساعات بين مرور كوكب في خط هاجرة باريس وهاجرة كايان . وميل المرّيخ يصاب بتغير أثناء هذه الحقبة من الزمن ، تغيّراً ضعيفاً ولكن معروف . أمّا انحراف القمر فإنّه يختلف بشكل كبير يجب معه إجراء رصودات متالية عملياً من أجل التحديد الدقيق لدرجة انحرافه (بارالكس) : والمحطات يجب أن تكون على نفس خط الهاجرة . وقد جرت محاولة على أساس هذا المبدأ سنة 1704. وكانت المحطات في برلين وفي مدينة الكاب (جنوبي افريقيا).

عملية 1751 - صممت عملية واسعة بشكل استثنائي ، متعلقة بالشمس(عن طريق رصد المرّيخ)، وبصورة رئيسية بالقمر ، من اجل معرفة مقابل اقصى نقطة بعد للمرّيخ عن الشمس سنة 1751، واخذ العلماء : لاكاي Lacaille في الكاب ، لالند Lalande في برلين ، وبذات الوقت ، كاسيني دي توري Cassini de Thury في باريس ، وزانوتي Zanotti في بولونيا ، وبرادلي في غرينتش، وورجونتين Wargentin في ستوكهولم ، اخذ هؤلاء العلماء يرصدون الارتفاعات الهاجرية للقمر . وأدت مقارنة نتائج لاكاي ولالند الى تحديد نتيجة ممتازة بالنسبة الى زاوية انحراف القمر بارالكس (′57 و″11 ؛ في حين أن القيمة الصحيحة هي ′ 75 و″2 (″02 ′57)،ولكن النقاش العام حول الملاحظات الرصدية كان صعباً ، إذ بلغت بعض القيم المستخرجة أكثر من ′58 في حين أن بارالكس القمر كان منذ زمن طويل معروفاً نوعاً ما ؛ إذ من أجل إقرار قانون الجاذبية الكونية ، اتخذ نيوتن كقيمة لمسافة القمر ، ستين مرة شعاع الأرض ؛ وكانت الأعداد المقبولة في زمنه 60 أو 60,5 وهي تطابق ′57 ″20 و′56″50 ؛ وبمعدل وسطي لم تكن التحديدات الجديدة أكثر دقة من هذه الأخيرة .

ووجد بارالكس مارس يساوي ″27و7 مؤدياً بالنسبة الى بارالكس الشمس الى قيمة ″10و25؛ وقدمت بعثة كايان Cayenneنتيجة أفضل. واذا كانت بعثة لاكاي الى الكاب اكثر جدوى من نواح اخرى، فانه لا يمكن اعتبار ان عملية 1751 قد حققت في مجملها الوعود المنتظرة منها . ولكنها كانت جيدة من نواحٍ اخرى؛ فهي قد تجاوزت مرحلة مجرد التعاون بين فلكيين اجانب ، كما كان يحصل في كل زمان ، فانه من الواجب اعتبارها كاول مثل للتعاون العلمي الدولي . انما كان لا بد من مشاريع اخرى من ذات الطبيعة ، يقوم بها فلكيون ، قبل ان تشكل في القرن العشرين الاتحادات العلمية الدولية الكبرى.

مرور الزهرة - ان الكواكب الادنى ، وبخاصة الزهرة قريبه من الارض ، اثناء التلاقي . ولكن مرورها يحصل نهاراً ، والقياسات المتعلقة بالكواكب المراجع تكون مستحيلة . وهذه القياسات تبدو غير مفيدة في الحالة التي يصل فيها الكوكب الى حالة الاتصال ، في فترة يكون فيها الكوكب في عقدة مداره .

ويرتسم الكوكب عندئذ على صحن الشمس. وتختلف مدة المرور بحسب مكان المراقبة،

بحسب طول الوتر الذي يرسمه الاتجاه الظاهر للكوكب فوق الصحن. وهذه المدة هي العنصر الوحيد الذي يجب قياسه. وقد بيّن هالي سنة 1716 ان وضوحاً كبيراً يجب توقعه من هذه الطريقة في تحديد درجة انحراف الشمس (بارالكس) .

ومرور الزهرة فوق الشمس نادر، وهذا المرور يتم مرتين كل ثماني سنوات . وعدد مرات المرور تتالي في نهاية 113 الى 130 سنة. ومرات المرور التي حدثت سنة 1761 و1769 اجبرت الكثير من علماء الفلك على الانتقال بين سيبيريا ومدينة الكاب ومن كاليفورنيا الى تاهيتي تنقلات ليس المجال هنا لذكرها . ولكن الرحلة الاوديسية لاكثرهم سوء حَظ يجب ان تذكر .

عُين لوجنتيل من قبل اكاديمية العلوم ليذهب الى محطة بونديشري، فذهب وبعد رحلة دامت اكثر من سنة وصل لوجنتيل Le Gentil الى هذه المدينة . ولكنه لم يستطع النزول فيها : فقد كان الانكليز يحاربون الفرنسيين منذ سنة 1756 وكانوا يحتلون المدينة في ذلك الحين. وتم مرور الزهرة سنة 1761 عندما كان لوجنتيل في البحر. فقرر انتظار مرور 1769، واخذ يتجول على طول شواطىء المحيط الهندي والمحيط الباسيفيكي واخيراً وصل الى بوندي شيري سنة 1769 (بعد ان كانت حرب السبع سنوات قد انتهت) . وفاته ايضاً رصد هذا المرور الثاني بفعل مرور غيمة عارضة. وعندما عاد الى فرنسا سنة 1771 كانوا قد حسبوه قد مات : وقد اقتسم ورثته امواله .

ونتائج القياسات المجراة على المرورين كانت مختلفة . فبارالكس الشمس كان يقع بين ″8 و″10 وادى نقاش الكل بـ انكي Encke سنة 1824 الى اعتماد″8 و58. وأدت التصحيحات في خطوط الطول غير اليقينية في المحطات الى اعتماد″8 و 83 في سنة 1870. وهذه القيمة قريبة من القيمة المعتمدة اليوم والبالغة″8 و79. ولكن هذا الاتفاق كان عرضياً في الواقع.

ودلت التجربة ان العلماء قد بالغوا في احتمالات قياس البارالكس الشمسي بفضل مرورات الزهرة ، ذلك أن تقدير لحظة التماس كان صعباً . وبالعكس أن طريقة المعارضات ، المطبقة اليوم على بعض الكواكب الصغيرة التي تقترب كثيراً من الأرض تعطي نتائج ممتازة .

VI ـ شكل الأرض

النظريات الاولى ـ اضطر نيوتن ، بفعل التحليل النظري الى افتراض ان الارض لم تكن كروية : فالشكل الكروي لم يكن حلاً لمسألة التوازن النسبي في جرم متسق ذي دوران موحد الشكل. وافترض نيوتن ان الجرم يؤثر في شكل الاهليلج الدائري[1]. واثبت ، وهو يدمج التجاذب المتبادل بين الجزيئات والقوة الدافعة المركزية ، ان المدار الاهليلجي مرقق ومسطح وان التسطيح يساوي 1/230 .

(1) ويذكر اليوم أيضاً بناء على عهدة لابلاس أن نيوتن قد قبل بدون تبيين قانون تغير الجاذبية الأرضية بحسب المواقع من خط العرض . ولكن هذه الملاحظة ليست ثابتة .

في سنة 1690 ظهر مضموماً الى كتاب هويجن ، كتاب « الانوار الشهير »خطاب حول سبب الجاذبية الارضية ». وقد رفض هويجن الجاذبية المتبادلة ، وقال بان كل جزيء يتلقى بصورة مستقلة جذباً نازعاً نحو المركز وثابتاً . وقد حدد بدون فرضية صورة التوازن(والمسألة هي ابسط من مسألة نيوتن : انه جسم اهليلجي مسطح ، وتسطيحه يساوي 1/578، وبصورة عرضية بين ان افتراض وجود جذب (نحو المركز وغير متبادل) بحسب قانون عكس المربع يؤدي الى نفس النتائج .

وهذه الاعمال لها عدة مصادر، من بينها التغيرات التي سبق الظن بها عن وجود تغيير في الجاذبية الارضية بحسب الموقع من خطوط العرض. وقد اضطر ريشر سنة 1672 في كايان الى تقصير طول رقاص ساعاته : وقد لاحظ هويجن نفسه مفاعيل من هذا النوع : وهكذا تنخفض الجاذبية عند خط الاستواء .

وتنتج الجاذبية الارضية عن الجذب بالذات (الذي هو فعل الجذب الكوني) وعن الاثر ، بالاتجاه المعاكس للمكون الشعاعي للقوة الدافعة عن المركز . وهذه القوة النازعة عن المركز تزداد عند خط الاستواء بحسب قانون معروف جداً ، ويبدو تغير الجاذبية في ملاحظات الرقاص ، كبقية او حصيلة تغير ؛ وتأثير المسافة الى مركز الارض يمكن ان يكتشف ، يومئذٍ ، ولكن كان من السابق لاوانه المبحث في هذا المفعول عن معطيات واضحة حول شكل الارض .

القياسات الجيوديزية ـ (او القياسات التي تعني بشكل الارض وقياساتها) ان الدراسة المباشرة لانحناء خط الهاجرة يتم انطلاقاً من قياس المسافة التي تفصل بين مركزين واقعين على نفس خط الهاجرة،وقياس الفرق بين خطي عرضهما ، الذي يعطي قياس زاوية عاموديهما . وشعاع الانحناء ، انحناء القوس المقاس هو شعاع الارض لو كانت هذه كروية ؛ في الفرضية المعاكسة يتغير الانحناء بحسب خط العرض الوسطي للقوس.ويكون طول الدرجة ، اي القوس الذي يختلف بعداه الاقصيان بدرجة واحدة ، اكثر كبراً واتساعاً كلما كان الانحناء اقل اي كلما كانت المنطقة المدروسة اكثر تسطحاً .

وتفسير القياسات كان موضوع خطأ من جانب البعض الذين كانوا يخلطون زاوية العواميد مع زاويات الاتجاهات التي تجمع الامكنة مع مركز الارض . وهذه العواميد او الخطوط العامودية لا يمكن تحديدها ، انما بالنسبة اليها يتطابق الطول الكبير لقوس من درجة واحدة مع منطقة بعيدة عن المركز اي واقعة في منطقة تمدد. وقد وقع ج.د. كسيني J.D Cassini بعد غيره ، في سنة 1704 في هذا الوهم وكذلك وقع ابنه جاك Jacques سنة 1713. ولكن الخطأ زال من مذكرات كسيني اللاحقة ، وقد توقف عنده العديد من المؤلفين غير العلميين طويلاً . فقد اشتكى برنردان دوسان بيار Bernardin de Saint – Pierre الذي كان يعزي الى ذوبان الثلج القطبي ظاهرة المد والجذر ، اشتكى بعنف من الموقف اللامصدق الذي وقفه الاكاديميون « المضللون على خطى نيوتن » تجاه حجته بتمدد الارض نحو القطبين وتضمن كتابه دراسات حول الطبيعة 1784، والكوخ الهندي 1791 شكاواه . ومات غير

مفهوم ، كما هو الحال في ايامنا في ماترلينك Maeterlink وهو يدحض انشتاين Einstein .

وعلى الرغم من التقريب الضعيف في الحساب النظري الذي يهتم بالسائل المتجانس كان وجود الانتفاخ الاستوائي يقيناً بالنسبة الى نيوتن . فقد كان هذا الانتفاخ ضرورياً له لكي يشرح ظاهرة تقدم الاعتدالين . ولكن خصوم النظريات النيوتنية لم يقبلوا بها . وكان القرار الفصل متروكاً للقياسات الجيوديزية .

خط طول باريس ـ من المعلوم ان انجاز نظرية الجاذبية الكونية لم تكن لتحقق على يد نيوتن الا عندما تمكن سنة 1684 من تقدير صحيح للشعاع الارضي منبثق عن « درجة بيكار » . انه قوس سوردون مالفوازين Sourdon – Malvoisine ، او تقريباً ، اميان باريس Amiens – Paris وطوله 1° 22′ ، الذي قاسه بيكار Picard حوالي 1670 . وانطلاقاً من 1683 شرع في تمديد القوس بشكل شمل كوليور الى دنكرك . حتى كاسيني Cassini نشر نتائج هذا العمل سنة 1720 وحللها : ان طول الدرجة يبدو اقوى بالنسبة الى قوس 6° جنوب باريس مما هو للقوس شمال ذي 2° . والفرق ليس كبيراً في الواقع من جراء درجة ضخامة اخطاء القياسات . واذا اعتبر هذا الفرق حقيقياً ، فالاهليلج الارضي يصبح ممدداً . وهذا ما فعله الديكارتيون الذين انتصروا دون ان يدروا .

درجة البيرو Pérou ودرجة لابوني Laponie ـ ولكن سرعان ما لم يعد هناك ديكارتيون مخلصون بين الرياضيين العظام ، غير جان برنولي . في سنة 1735 عينت اكاديمية العلوم في باريس بعثة كلفت بقياس قوس خط الطول (المريديان) على خط الاستواء بالذات ، جنوبي كيتو . والحق ببعثة بيرو ـ التي كان بوغر Bouguer ولاكوندامين La Condamine من اعضائها البارزين ـ ضابطان اسبانيان لتقويتها . واشتغلت طيلة ثماني سنوات ضمن ظروف شاقة ، بسبب الارض الجبلية المستعصية على التثليث ، وبسبب المناخ الذي لا يلائم الرصد النجومي ، اضافة الى الصعوبات المالية والاختلافات الداخلية ضمن المجموعة . وساعدت مثابرة بوغر على الانتصار على العوائق . والعناصر التي عاد بها سنة 1744 ، كانت مماثلة عملياً للنتائج التي حصلت عليها بعثة المقدّم بورجوا Bourgeois (1901-1906) لنفس القوس . وهذه البعثة التقت ، أيضاً ، نفس العوائق التي لقيتها الأخرى ، بل ان التحطيم المنهجي للاشارات الجيوديزية من قبل أهل البلاد كان أشد وطأة عليها .

وظن موبرتوي Maupertuis ان الاخطاء الممكنة حول النتائج لم تكن اكثر ضعفاً من الفرق الملحوظ بين درجة باريس ودرجة خط الاستواء . وقرر ارسال بعثة ثانية سنة 1736 الى قرب الدائرة القطبية . وقامت « بعثة لابوني » بقيادته يعاونه كليرو Clairaut ، بانجاز قياس قوس طوله درجة واحدة ، بخلال اقل من سنة (اما قوس بيرو فكانت 3 درجات) ؛ وفي سنة 1737 ، كان التسطيح نحو القطبين قد تقرر بصورة نهائية بالمقارنة مع طول درجة باريس (قبل انهاء عمليات خط الاستواء) ، ووصل فرق الدرجة حول 1000 متر تقريباً .

إن قيمة التسطح لم تكن قد تحدّدت بعد ، وطول الدرجة بلغ وسطياً 111 كلم . وهو يزداد في

الواقع بمعدل 300م تقريباً ابتداء من خط عرض باريس حتى الدائرة القطبية . إلا أن درجة ج. كاسيني قد اعاد قياسها ابنه كاسيني دي توري Cassini de Thury سنة 1740، وزادت قيمتها 300م اما درجة لابوني Laponie، التي اعيد قياسها 1801 – 1803، فقد انقصت بمقدار 400م. وهذا يكفي للقول بان الفرق 1000م الذي حصل عليه موبرتوي Maupertuis لم يكن الا ضعيف الدلالة ، ولم يكن يتيح قياس التسطح بدقة .

واكدت بعثة بيرو ، بعد سبع سنوات ، استنتاجات بعثات لابوني. وفي التقرير الذي كتبه سنة 1748 احد الضباط الاسبان ، وردت اشارة غريبة : قبل تحليل يأخذ في الاعتبار حركة الارض ، يوجد التحفّظ الشكلي الخالص ظاهرياً تجاه صحّة الفرضية . واحتمالات ملاحقات محاكم التفتيش الاسبانية لم تكن يومئذٍ مستبعدة .

خارطة فرنسا ـ قام كاسيني دي توري Cassini de Thury، الملقب كاسيني الثالث، اول مدير مسمى (1771) لمرصد باريس، بورشة عمل في سنة 1744 لوضع خارطة توبوغرافية لفرنسا ، مرتكزة على التثليث الجيوديزي . وكانت هذه الخارطة بسلم 86400/1، اول خارطة من هذا النوع قد تحققت. وقام ابنه بعده باكمالها وتقديمها بصورة رسمية الى الجمعية الوطنية سنة 1789 . وانتهت مع هذا الابن ، كاسيني الرابع ، سلالة آل كاسيني ، وقد ارتضى الافكار النيوتونية ، حتى ليمكن الظن ان والده قد قبلها ضمناً بعد 1740 وهو يعترف بتسطح الارض .

VII ـ كاتالوغ النجوم

يعتبر وضع الكاتالوغات النجومية، من بين كل الاعمال الفلكية العمل الاكثر جحوداً ، والاكثر لزوماً فالنجوم المسماة بالثوابت هي المراجع الطبيعية التي تسمح بدراسة دوران الارض ، ودراسة حركتها حول الشمس، وايضاً حركة الشمس بالذات في الفضاء . ويتحري العديد من الرصودات ، التي قامت بها غالباً الأجيال السابقة يظهر أي مفعول جديد .

وهذه الوثائق الضرورية قد تكونت بصورة أساسية انطلاقاً من القرن 18 . وهي من صنع الفلكيين البريطانيين .

كاتالوغات الدقة ـ تولى ادارة مرصد غرينتش عند تأسيسه فلامستيد Flamsteed وهو اول « فلكي ملكي » . وبدون جهاز بشري، وبدون اعتمادات، بنى على نفقته قطاعاً (Secteur) من مترين . ورصد بشكل منهجي ، الكواكب والنجوم البواقة حتى موته سنة 1719 .

وصدرت طبعة عن رصوداته، ضد ارادته ، بسنة 1712، تحت ضغط من نيوتن ، الذي عزا تمنعه عن نشر العناصر التي يعتبرها مثبتة اثباتاً غير كاف، الى سوء النية . والواقع انه كان بامكانه اتلافها . وأخيراً ، نشر كتابه « هستوريا كولستيس بريتانيا » بعد وفاته سنة (1725) وتضمن « الكاتالوغ

البريطاني » ، وهو كاتالوغ كبير حديث ، يعطي مواقع حوالي 3000 نجم. اما الدقة فيه فبدرجة ″10. وشكله جديد ايضاً : ان الإحداثيات الاستوائية للنجوم واردة فيه وكذلك حدود تغير الاعتدالين السنوي. فضلاً عن ذلك ، يربط رصد الشمس بانتظام مباشرة هذه التحديدات بالخطط الاساسية ويعطيها صفة مطلقة .

وخلف هالي Halley فلامستيد Flamsteed سنة 1719 . وانجز منظاراً هاجرياً ذا مرورات من 1,60م ودشن استعماله بصورة منتظمة . ووضع اول كاتالوغ للسماء الجنوبية (اوسترال) اثناء اقامته سنة 1677 في جزيرة القديسة هيلانة ؛ ولم تمكنه الظروف الجوية من رصد اكثر من 350 نجماً .

وخصص الفلكي الملكي الثالث، جيمس برادلي العشرين سنة التي قضاها في هذا المركز في رصودات هاجرية ، واحصيت بعد موته فبلغت (000 60) سنة 1762. وتولى بسيل Bessel اختصارها ونشر سنة 1818 : « فونداماتنا استرونوميا » . . . وقد ورد في هذا الكتاب ذكر لمواقع 3222 نجماً في سنة 1755. وهذا الرصودات بنوعيتها وحقبتها المتأخرة، اتخذت كاساس لكل تحديدات الحركات الخاصة بالقرن 19 ، وكذلك للتقديرات المتتالية لثابت تغير الاعتدالين .

واذا استثنيت كاتالوغات لاكاي (400 نجمة براقة، سنة 1757) وكاتالوغات ت. مايـر (T. Mayer 1000) نجمة بروجية (Zodiacale) ، (1756-1761) ، فإن المواقع التي حددها فلكيو مرصد غرينتش، سوف تكون الوحيدة التي امكن استعمالها فيما بعد : ان استخدام المنظار الهاجري من اجل تحديد الصعودات المستقيمة يؤمن لها تفوقاً واضحاً تماماً .

ووضع توبياس ماير Tobias Mayer، مدير مرصد غوتنجن ، سنة 1716 صيغ الاصلاحات التي تسمح بمراقبة انحرافات المعدات . وكان هذا بمناسبة مربع الدائرة الحائطية ، الا ان الآلة الهاجرية هي التي استفادت منه : ان استقرار الجهاز ، في شكله النهائي، مدين جداً لهذه الفكرة ، فكرة استبدال ضابط باستعمال تصحيح ذي مفعول قابل للقياس.

احصاءات النجوم ـ تكونت الى جانب كاتالوغات المواقع الدقيقة ، جداول احصائية غنية نوعاً ما . فبالنسبة الى السماء الجنوبية austral ، كان أول احصاء ، ظل وحيداً طيلة 75 سنة ـ هو الاحصاء الذي انجزه لاكاي اثناء مهمته في الكاب ، سنة 1751 — 1752. وبخلال سنة تقريباً ، وبواسطة آلة كان لشبحيتها Objectif شعاع أقل من 1.5 سنتم انجز الكشف على 10000 نجم ، حتى القدْر Magnitude السابع ، وكان الكمال مؤمناً تقريباً حتى السادس. والى المحطة التي اختارها لاكاي ، ارتفع في سنة 1820، المرصد الكبير، مرصد الكاب، الذي اعتبر اهم مرصد وجد في نصف الكرة الجنوبي.

واشتمل « التاريخ السماوي الفرنسي » الذي وضعه جيروم دي لالاند Jérôme de Lalande على الرصودات المجراة بين سنة 1789 و1798 في ربع دائرة ذات فتحة من 7 سنتم ركبت في المدرسة الحربية في باريس. وكان القسم الاكبر من هذه الرصودات يعود الى حفيده ميشال دي لالاند؛ وكان

غرضها جدول منهجي حتى الضخامة التاسعة للنجوم الواقعة بين القطب والانحراف déclinaison البالغ (20°). وتضمن هذا التاريخ مواقع أكثر من (50000)نجمة؛ وهناك عدة مئات ـ مواقع النجوم المرئية بالعين المجردة ـ لم يسبق ان ذكرت من قبل. ورغم استعمال جهاز قديم، فقد كانت قيمة القياسات جيدة نسبياً، وان غير متساوية. ولكن الجدول لم يكن بالحقيقة كاملاً. ان هذا العمل المهم قد شكل أساساً لتوثيق ظلّ لفترة طويلة بدون مثيل.

VIII ـ علم الفلك الملاحي

لم يكن هناك في القرن 17 اية وسيلة لتحديد الطول (Longitude) البحري، فيما عدا احتساب الطريق المتبعة والسرعة المقدرة بواسطة اللوش Loch. وكانت هذه الثغرة خطيرة لدرجة ان مرصد غرنيتش، قد انشيء (والقرار الملكي ذكر ذلك صراحة) «بغرض تحديد الاطوال لمصلحة الملاحة وعلم الفلك».

والمسألة هي مسألة ربط الساعة المحلية، التي يقدمها قياس ارتفاعات الكواكب، بساعة خط الهاجرة الاصلي. وبالنسبة الى هذا الاخير، لا توجد الا وسيلتان: «اما نقلها بواسطة ساعة رقاص او بواسطة كرونومتر خاص (اليوم باشارات راديوكهربائية)؛ او رصد ظاهرة فلكية متغيرة نوعاً ما بحيث يمكنها أن تشكل مؤشراً زمنياً،والوسيلة الثانية قلما تطبق الا على تحركات القمر. وحلّ المشكلة يتطلب بالتالي استكمالاً في صناعة الساعات ذات الرقاص، وفي وسيمة الرصد، ثم بناء جداول جيدة للقمر.

السكستان **Sextant** (السداس) ـ تترجم الملاحظة دائماً بقياسات للفروقات الزاوية. فوق الارض تكون التصويبات نحو اتجاهين متتالية، وتقارن فيما بينهما بواسطة دوائر مدرجة. اما فوق البحر، فان حركة الآلة تقتضي ان تكون التصويبات متتالية. وقياسات الدقة يعود تاريخها الى الحقبة التي تمت فيها امكانية رد احد الاتجاهين، بعد انعكاسين، ليتطابق مع الآخر.

وهذا الجهاز كان قد تخيله نيوتن سنة 1699، ثم حققه ونشره سنة 1731 بواسطة البصري الانكليزي هادلي Hadley. واحدى التصويبات مباشرة، اما الاخرى فمعكوسة بواسطة مرآة موجهة، مستعادة بمرآة اخرى، ثابتة، واقعة على ممر التصويب الاول. وتعادل زاوية الاتجاهات ضعفي زاوية المرايا، وهي تقرأ فوق قوس دائرة حسن التدريج والترقيم، على مستوى عضادة Alidade مثبتة بمرآة متحركة، أما طول الجهاز فيعادل ضعفي شعاع القوس. وقد أمكن التوصل إلى دقة من درجة الدقيقة في الدرجة، منذ البداية مع شعاع لا يبلغ الـ 50 سنتم.

وكانت المعدات الأولية مثمّنات (Octants) (ان فرجة القطع المدرج تعادل ثُمن الدائرة وتتيح قياس الفرجات الزاوية البالغة 90°). هذه المعدات سرعان ما استبدلت «بسدسيات (Sextants) بحرية» تطبق على زوايا تبلغ 120°. والآلة الحديثة لا تختلف عن هذه الا بحجم اقل بقليل والا بالحاق منظار صغير.

وقد نقلت بعثة البيرو Pérou احدى هذه الالات التي كانت تسمى في فرنسا « المعسكر الجديد الانكليزي للتفكير » وذلك بقصد تجريبها. وكان تقرير البعثة، المؤرخ من 1736، محبّذاً جداً ولكنه غير مفيد: وعندما وصل الى باريس بعد ثلاث سنوات، كان استعمال المثمن Octant قد شاع وذاع.

ويشار انه منذ البداية، كان بعض مثمنات هادلي Hadley مزوداً بـ Vermier، كان يسمى تجاوزاً « تقسيم نونيوس »، وهذا مختلف تماماً. مع ذلك وضع البناؤون، وهم من المحترفين عموماً تدرجات بينها كانت تحشر، بالقراءة فوق عارضات، مقاطع segments منحرفة، مقسومة ومحفورة على الطرف Limbe عند مستوى كل فرجة تقسيمات تدرجية

الكرونومترات - تختلف الساعات ذات الرقاصات البحرية بصورة اساسية عن الساعات الارضية، ليس فقط باحلال نابض محرك مكان الوزن، وهو عرضي، بل تختلف بمنظمها: « الحلزون المنظم» هو نابض حلزوني مثبت بجرم متأرجح بشكل حلقة دائرية هو الموازن (او الرقاص). وهذا التجهيز اقترحه هويجن بعد 1675، ثم اعتمد في بناء « ساعات البحرية » بجهود لروا Leroy، وبرتود Berthoud في فرنسا، وبجهود هاريسون Harrison في انكلترا. هؤلاء الصناع كانوا محفوزين بجوائز تقدمها اكاديمية العلوم والبرلمان الانكليزي (20000 ليرة استرلينية منحت لهاريسون Harrison في حين ان الراتب السنوي المخصص للفلكي الملكي كان 100 ليرة استرلينية).

وكان المطلوب استكمال التصريف، حتى يكون مفعوله على المنظم ثابتاً، وحتى يمكن تأمين تضبيط اوتوماتيكي على طول النابض الحلزوني، تضبيطاً يعدل الاثر الحراري الحاصل خلال دورة (المدة التي يستغرقها دوران قمر حول كوكب سيار). هذه المسائل كانت محلولة تماماً سنة 1770 تقريباً. وعند التجارب في البحر، لم يتغير مسار الساعات اليومي الا ببعض الثواني اثناء سفرة من عدة اشهر وحتى من عدة فصول. واليوم، يعتبر هامش التسامح المقبول لكرونومتر بحري ملاحي من هذا المستوى: وبالنسبة الى المسار اليومي من المقبول، بعد شهرين، تغير مقداره 1,5 ثانية.

رصودات القمر - ان حركة القمر بالنسبة الى النجوم الثابتة هي تقريباً (1′) واحدة بالدقيقتين. وهي اصعب تقديراً من حركة الابرة فوق ميناء Cadran الكرونومتر، ولكنها اكثر أمانة. ويمكن تحديد المسافات بين القمر والنجوم المجاورة (طريقة المسافات القمرية)، والسكستان (السدامس) البحري يساعد على هذه القياسات. ومن الادق رصد لحظات اختفاء Occultation النجوم وراء القمر، ولكن رؤيات النجوم البراقة تبدو فقط عارضة. اما النجوم الضعيفة، فلم تكن حسنة التصنيف في ذلك العصر.

وهذه الطرق معروفة منذ القديم. في سنة 1499، واثناء اول سفرة له، سنحت الفرصة لامريكو فسبوشي Americo Vespucci، ان يجلي بقياس المسافة بين المرّيخ والقمر، بعد فترة وجيزة من اتصالاتها. واستعمالها مرهون بامتلاك الازياج القمرية مجدولة بحسب وقت خط الهاجرة الاساسي. ولهذا الغرض، عرضت الحكومة والاكاديميات استكمال نظرية القمر، كموضوع مسابقة اثار المنافسة

بين كليرو Clairaut، ودالمبير d'Alembert، واولر Euler وماير Mayer. وقد ساعد هذا على التقدم العام في الميكانيك السماوي. أما بالنسبة الى خطوط الطول Longitude فالطرق قلما أعطت الا دقة خفيفة، سبقتها دقة حمل الساعة بالكرونومتر.

واليوم، تلعب ملاحظة الاحتجاجات دوراً مهماً، ولكنه يتعارض بحق مع الدور الذي كان لها يومئذٍ: فالوقت المحلي وقد أصبح معروفاً، يتيح موقع القمر بربطه بسلم الوقت الموحد الذي تبنى الجداول على أساسه. وتترجم الفروقات الشذوذات غير المتوقعة، في سرعة الدوران الأرضي، وهي شذوذات اكتشفت حديثاً.

وبخلال العصر، ولدت ثلاثة علوم: الجيوديزيا (او علم البحث في شكل الارض وقياساتها) وعلم الفلك، والميكانيك السماوي التحليلي، واوجدت طرقها، وابتكرت اجهزتها وقطفت ثمارها. واصبحت الارض، والكواكب والمذنبات، اي العالم الذي هو حقيقي في اعيننا، والنجوم ليست الا زينة، كائنات مألوفة. فقد وصفت جيوسترياً وحددت مواضعها وحتى اوزانها.

ان قسماً من الطبيعة قد فقد سره: ولحسن الحظ، فتح مجال جديد امام الخيال. ان انشاء التلسكوب قد تمّ على مهل[1]، ولكن في سنة 1781 حصل و. هرشل W.Herschel بفضله على اكتشاف جسم جديد في النظام الشمسي، الكوكب اورانوس.

ان عالمنا الصغير سوف يغتني سريعاً بكثير من الاعضاء الاخرى المجهولة التي تتجاذب في متناولنا. ان العالم الثابت، عالم الكواكب سوف يحيا ويبرز بتنوعه العجيب. وكما هو الحال دائماً، وابداً، لقد تجدد حقل البحوث

(1) إن انجاز العاكسات، والإكتشافات الكبرى التي نتجت عنها، مثل اكتشافات وليم هرشل William Herschel سوف تدرس في المجلد التالي.

الكتاب الثاني :

العلوم الفيزيائية

يرتكز التمييز بين علوم نظرية وعلوم فيزيائية، الذي ادخلناه في هذا القسم الثالث، على درجة الريضنة العالية جداً التي وصلت اليها في القرن الثامن عشر الميكانيكا وعلم الفلك. وهما علمان، وان لم يتركا اللجوء الى الملاحظة والى التجربة ، فانهما يبدوان ، اكثر فاكثر وضوحاً ، كقطاعين خاصين مميزين في تطبيق الرياضيات، ويستحقان من جراء هذا النعت، « بالعلوم النظرية » .

وبالمقارنة ، في هذا المطلع من القرن الثامن عشر. تبقى الفروع الاخرى من العلم والتي نجمعها تحت تسمية علوم فيزيائية : مثل البصريات ، السمعيات، الحرارة ، المغناطيسية، الكهربائية ، والكيمياء ، تبقى في مراتب من التطور النظري اقل تقدماً .

وبخلال القرن ادى تقدم تقنيات الالات، وازدهار النيوتنية ، وتقدم الرياضيات الى تطور سريع في هذه العلوم المختلفة والى اصلاح بنيات البعض منها.

في مجال البصريات اذا كانت نظرية نيوتن حول الانبثاق قد عرفت نجاحاً غير منكور، فان الابقاء على نظريةمنافسة من النمط التموجي يدل، في كل حال، على عمل يونغ Young وفرنل Fresnel. وكذلك اذا كان تدخل المعادلات ذات المشتقات الجزئية قد فتح الطريق أمام السمعيات النظرية ، فانه في مطلع القرن التاسع عشر فقط تشكلت البصريات النظرية ، بمعونة البحوث التجريبية. ودراسة الحرارة، الاقل تقدماً بشكل واضح، رأت معالمها الاساسية تتوضح واخذت تهيء صيغتها النظرية وتطبيقاتها الاولى. اما المغناطيسية والكهرباء الثابتة (الكتروستاتيك) ، رغم بقائهما في حالة من التجريب بدائية ، فقد عَرَفتا ازدهاراً بارزاً على الصعيد المعداتي ، وتشكلتا على الصعيد النظري وفقاً للنموذج النيوتني، بانتظار اختراع البطارية في بداية القرن التاسع عشر، التي فتحت الطريق امام تطورات جديدة وواسعة. واخيراً وفي الربع الاخير من القرن الثامن عشر قامت الكيمياء ، بتأثير من لافوازيه Lavoisier، بثورة عميقة ظهرت اهميتها شبيهة باهمية ما عرفه الميكانيك في القرن السابع عشر.

كان المظهر النظري لهذه التطورات المتنوعة، محكوماً بآنٍ واحد بتطور الطرق الرياضية المطبقة على الفيزياء ـ وبصورة خاصة في مختلف فروع الحساب المتناهي الصغر ـ ثم بتأثير التراث النيوتني المفسر

رياضيا للفلسفة الطبيعية ،أما المظهر الفيزيائي الخالص فيدل عليه الازدهار الاستثنائي الخالص للعلم التجريبي لدى الجمهور الاعظم. فقد سبق للقرن السابع عشر ان رأى تحقق الانجازات العظيمة التجريبية عند هوك Hooke وبويل Boyle، وغيريك Guericke وماريوت Mariotte، كما شهد تنظيم البرامج النظرية في الملاحظات وفي القياسات وفي التجارب عبر : أكاديمية سيمنتو ، والجمعية الملكية ، والاكاديمية الملكية للعلوم في باريس. والقرن الثامن عشر، وهو يتابع في طريق العمل المخبري الجلود، رأى هذا الاهتمام بالعلم التجريبي يمتد الى التعليم الجامعي ثم الى جمهور عريض مثقف ليصل اخيراً الى الجماهير الكبرى.

وللوصول الى هذه النتيجة فسحت العبارات الرياضية القوية ، والنقاشات حول المباديء ، افسحت المجال امام تجارب بسيطة وتبينية. ووصلت هذه الحركة ، بعد ان انطلقت من انكلترا ، مع ديساغوليه Desaguliers، ومن البلدان المنخفضة مع بورهاف Boerhaave وغرافيساند Gravesande وموشنبروك Musschenbrock، الى فرنسا ثم المانيا وبعدها كل اوروبا . وتعددت الدروس العامة في الفيزياء التجريبية، في حين ظهر العديد من الكتب حيث كانت المعارف الجديدة تبسط وتعمم عن طريق التجربة . وتطور هذا الولع ، حوالي منتصف القرن، بعد اجراء تجارب شهيرة في الكهرباء ، وفي آخر القرن، مع صعود البالونات الهيدروجينية، والمونغولفيار. الا ان هذا الاشتهار العجيب للفيزياء التجريبية ، لم يساهم الا بصورة غير مباشرة في تقدم الفيزياء . ولهذا لم تفسح الفصول التالية في المجال ، كثيراً لهذا المظهر القصصي نوعاً ما، وذلك من اجل التركيز على الجهد البطيء الرامي الى تكوين المفاهيم والى صياغة النظريات الاكثر دقة ، وبذات الوقت على النتائج الموازية والمكملة للعمل المخبري الصعب والجلود.

وبفضل هذه الجهود المختلفة التي لم تكن خلافاتها الا ظاهرية ، وبخلال القرن الثامن عشر ظهرت عدة قطاعات من هذه العلوم الفيزيائية كما تكونت وتطورت نظمها بصورة تدريجية باتجاه نظام العلوم النظرية ـ ذلك هو حال علم السمعيات والكهرباء الثابتة والمغناطيسية ، بصورة خاصة ـ في حين ان علوماً أخرى مثل البصريات والحرارة، وبصورة خاصة الكيمياء ، ظلت مرتبطة بصورة مباشرة اكثر بالبحوث التجريبية وقد عمل في بداية القرن التاسع عشر وضع الطرق الجديدة في الفيزياء الرياضية على تقوية الميل العام نحو التجريد، بتقديم ادوات اكثر قوة واكثر ملاءمة لطبيعة المشاكل الى المنظرين .

ولكن اهمية بعض الاكتشافات ، والدقة الزائدة في الادوات المستعملة، اعطت بذات الوقت حيوية جديدة للبحث التجريبي، محافظة بالتالي على توازن ضروري بين التيارين الكبيرين في العلم الفيزيائي .

الفصل الأول :

ذيوع علم البصريات النيوتني

بناء آلات البصريات وتقدم التقنيات في القرن الثامن عشر - بخلال القرن الثامن عشر لم تتغير التقنيات الأساسية التي كانت سائدة في بناء أدوات البصريات ، تغيراً محسوساً . لا شك أنه وجدت إنجازات بارزة في تقديم الميكروسكوبات ولكن الأمر رغم كل شيء كان محصوراً في التفاصيل : فالشبحيات أصبحت قابلة للتبديل ، والبلاتينة ، والتجهيزات أصبحت أكثر كمالاً . وهذه التغيرات ساعد عليها نمو العديد من مكاتب الفيزياء .

وتباطأ صنع التلسكوبات من جراء الصعوبات التقنية التي برزت في بناء المرايا الكبيرة . وطور وليم هرشل W.Herschel الذي كان يبني بنفسه تلسكوباته ، صقل المرايا وحقق بالتالي اكتشافات مهمة اعطت دفعاً ضخماً لتحقيق التلسكوبات الكبرى الصعبة .

اكرمة « إزالة الألوان المغبشة » من الشبحيات : المبدأ والتحقيق - كان بناء الشبحيات الاكروماتية قد تأخر نسبياً فهناك عوائق في المبدأ يضاف اليها صعوبات عملية تعارض مثل هذا التحقيق .

واعتقد نيوتن انه يبين استحالة كسر الضوء بدون تشتيته . وبالتالي من العبث تحديد جمع من العدسات من شأنها كسر الضوء مع تركه غير مشتت او مفكك بالالوان . ورغم ذلك ، ومنذ 1733 بدا ان القاضي الانكليزي شستر مور هال Chester More Hall قد عثر على مبدأ العينيات المؤكرمة اي التي لا تفكك الضوء ،وهي شبحيات استطاع البصري باس Bass صنعها وبيعها. ومع ذلك فقد كانت الثقة في صدق وسلطة نيوتن كبيرة بحيث ان هذه الانجازات ظلت شبه مجهولة تماماً .

وفي سنة 1747 اقترح اولر Euler الصيغ التي تتيح امكانية الاكرمة في مجموعة من العدسات . وقد دعم قناعته بحسابات دقيقة وبتحقيق طبيعي لنظام اكرومي : العين .

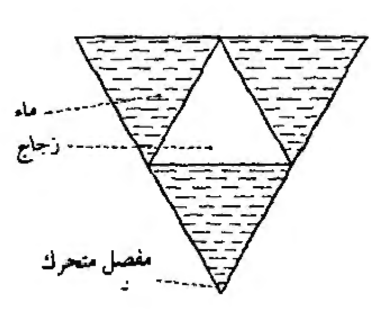
ونوقشت فيما بعد التجربة التي اقترحها نيوتن Newton من قبل كلنجستيرنا Klingenstierna 1755 الذي اكد تطلعات اولر : ان نحن جمعنا بين موشورين ، احدهما من زجاج ، والاخر ذو زاوية متغيرة ، مملوء بالماء ، فمن الممكن عند قيمة معينة لهذه الزاوية ، الغاء تشتت الشعاع المنبثق دون ابطال انحرافه (صورة 34) . ولقيمة اخرى في هذه الزاوية يمكن ، بالعكس ، الغاء انحراف الشعاع المنبثق ، مع الاحتفاظ بتشتته .

ونقلت حسابات اولر، وملاحظات كلنجنستيرنا Klingenstierna الى البصري دولون Dollond دون النجاح في اقناعه. ومع ذلك وفي سنة 1757، كرر دولون تجربة نيوتن، ووافق على إمكانية أكرمة نظام من العدسات. فبعد جمع نوعي زجاج بمعاملات مختلفة: عدسة محدودبة من الزجاج الظرّاني وعدة مقعرة من الكروان (الزجاج التاجي الشديد النقاء)، نجح في بناء أول شبحية أكرومية.

ولكن رغم هذه الاعمال من قبل اولر Euler وفوس Fuss وفيها بعد كليرو Clairaut (1761) ظلت وسائل الصنع في معظمها تجريبية. واصطدمت فضلاً عن ذلك بصعوبات كثيرة. وظل صنع الشبحيات الأكرومية، حتى سنة 1772 حكراً على دولون الذي أمن لنفسه الامتياز، وبشكل مسرف نوعاً حقّ تسجيلها باسمه.

ومن جهة أخرى، وحتى في انكلترا، بدا أن صنع الزجاج الظرّاني هو نتيجة حظ سعيد. أما في القارة فقد بقي الصنع صعباً حتى مطلع القرن التاسع عشر.

الاكتشافات التجريبية - اتاح اكتشاف التشتت الضوئي من قبل ج. برادلي J.Bradley[1]، للمرة الثانية، قياس سرعة الضوء. وبدت النتيجة الحاصلة متفقة تماماً مع النتيجة التي حصل عليها رومر قبل 50 سنة. ومنذ القرن السابع عشر كانوا يعرفون ظاهرات الفسفرة. فقد بدا، سنداً لبرستلي Priestley (1772) ان الايطالي ف. كاسيورولو V.Casciorolo في سنة 1630 قد لاحظها. وفي اواخر القرن السابع عشر ومطلع الثامن عشر اجريت تجارب منهجية حول هذا الموضوع الذي ظل رغم ذلك سرياً اذ لم تنتج عنه اية تفسيرات نظرية حاسمة. واخيراً انصب الاهتمام في القرن الثامن عشر على ظاهرات ذاتية في الأبصار، وبفضل أعمال بوفون Buffon وبوغر Bouguer ولامبير Lambert ورومفورد Rumford وهملي Himly تأسس نوع من علم البصريات الفيزيولوجي. وعلى كل حال فان القياسات كانت صعبة وتفسيرها الدقيق بقي خاضعاً لتقدير شخص لم يكن تدخله محدداً بوضوح. وكانت القياسات الاولى في المضوائية قد تحققت بفضل بوفون Buffon وبصورة خاصة بفضل بيار بوغر Pierre Bouguer (1698 - 1758) الذي درس في كتابه «بحث في البصريات وتدرج الضوء» (1728)، وفي كتابه «البصريات» (1760)، درس عناصر الانتقال والانعكاس وادخل طرقاً صحيحة في القياسات المضوائية.



صورة 34، جهاز تجريبي لبيان امكانية الاكرمة (منع تفكك اللون) (كلنجنستيرنا، 1755).

(1) راجع بهذا الشأن الفصل حول معرفة النظام الشمسي.

واخيراً اجرى ج ـ هـ . لامبير J.H.Lambert في كتابه « فوتـومتريـا » (1760) دراسة شـاملة لمختلف المسائل المرتبطة بالتقنية الجديدة.

تأثير النظرية النيوتنية في الدوائر الفلسفية ـ في الأوساط المثقفة ، وفي الجامعات وفي المدارس كانت نظرية نيوتن قد اصبحت مقبولة بصورة رسمية . فنجاح الميكـانيك السمـاوي ، وسمعة نيـوتن العـظيمة امّنـا لبصريـاته انتشـاراً واسعاً . وانتشـرت بصريـاته في الاوسـاط غير المتخصصـة ، المحبة للوضوح ، والجاهلة للمصاعب العميقة في كل نظرية .

في فرنسا ، كان فولتير احد اكثر المتحمسين من تلامذة نيوتن . وقد اوضـح في كتابـه « عناصر فلسفة نيوتن » (لندن 1738) تطبيقات الجاذبية المعممة على البصريات .

وطوَّر فولتير الذي كان ينكر تماماً اصالة تقديمات مـالبرنش Malebranche ، نـظرية الانبثـاق وبموجبها يتكون النور ـ النار من جزيئات صغيرة جداً لا موجب لتوضيح طبيعتها . وتمارس الجـوامد على الضوء قوة ذات طبيعة غير معروفة تتسبب بالانعكـاس وبالانكسـار . وعلى كـل ليست الاجزاء الجامدة في الاجسام هي التي تتسبب بقفز الجسيمات الضوئية من جديد . ان توسيـع المسام في جسم كثيف يزيد في لا شفافيته ، وبالعكس ان تكثيف المسام يجعل هذا الجسم اكثر شفافيـة . وفولتـير مثل نيوتن ، يعتقد ان المكان الاكثر ثقلاً نوعياً يزيد في سرعة الضوء . فالشعاع الضـوئي الداخـل في الماء « يجري فيه بآنٍ واحد بحركته الذاتية وبفعل الجذب الذي يحدثه الماء فيه » . وهذا الشعاع اذن يجري في الماء بسرعة اكبر مما لو كان يجتاز الهواء .

ومن جهـة أخرى ، يقبـل فولتـير بالقـول أن الأشعة تلتقي هـذه القوة الجـذبية حتى قبـل أن تلج في الماء أو في الزجاج . اذ تبدأ عندها في التكسر ، وهذا امر يتوافق مع الاستمرارية التي يجب ان تظهـر بحسب رأي ليبنيز Leibniz في كل حركة . وبشكل مماثل ، ان انحراف الضوء (التواؤه) الـذي يحدث عنـد مجاورة الاجسام الصلبة ، يترجم مفعولاً جذبياً لهذه الاجسام على الضوء . وبالطبع ان هـذا الجذب الذي يحدث بين الجسيمات ، وبخاصة بين الجسيمات الضوئية والحبيبات الزجاجية ، لا يتبع القانون الذي يحكم حركة الكواكب . ان الجذب ، عند نقطة الجذب لا يتزايد بمعـدل $1/r^2$ بل بمعـدل $1/r^3$ واكثر ايضاً . وهكذا يصبح الجذب مهماً الى اقصى حد .

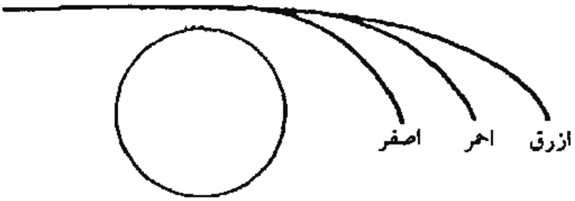
مع ذلك يقول فولتير بان المبادىء غير الجذب يمكن ان تتدخل في عمليات الطبيعة . واذا كانت الاستمرارية ، والالتصاق ، والصلابة ، والشعرية وربما المفاعيل الكيمـائية تبـدو له وكـانها قائمـة على الجذب كمنشأ ، فان دوران الكواكب حول محور ، والكهرباء ، والمغناطيسية لها سبب آخر ، كان حتى ذلك الحين غير معروف . وهكذا ينشأ تمييز عملت النظريات الحالية على قلب مبدئه بشكل غريب .

خصوم البصريات النيوتنية والمنشقان : مارات Marat ، غوتـه Goethe : ومع ذلك ، لم تكن البصريات النيوتنية مقبولة دائماً بدون معارضة من قبل الهواة المثقفين . ان الامر يتعلق على كلٍ باراء منفردة تستبعد العقيدة بصورة رسمية ، العقيدة القائمة على بواعث قليلة الاقناع : ثقة ممنوحة

بسرعة وتسرع لتجارب غير ماهرة ، تجاهل للروح العلمية يبدو يبوساً وتحديداً كيفياً للشخصية . نستعرض بايجاز الامثلة الشهيرة : لمارا Marat في فرنسا و و. غوته في المانيا .

كان مارا مؤسس نظرية غريبة Péridioptrique بقيت بدون عاقبة ، وكان موضوعها دراسة انحراف الاشعة المحدثة بفعل سطح الاجسام («اكتشافات. . . حول الضوء ملحوظة سنداً لسلسلة من التجارب الجديدة. . . » 1780). وهي تقوم على نفس المبدأ الذي يقوم عليه « ديوبتريك » ولكن قوانينه تبقى مختلفة جداً . والبريديوبتريك يرتكز على اعتبار القوى الجاذبة : كل الاجسام تجتذب الضوء الذي يمر بقربها . ويقرب الاجسام الكثيفة تتلقى الاشعة انحرافاً (يتناسب مع الثقل النوعي السطحي) وبموجب نوع من عامل التجاذب، ويعكس مربع المسافة. هذا الانحراف الذي يبقى ظاهرة عادية نوعاً ما لا يرد الى الانحراف الذي يحدثه الانكسار .

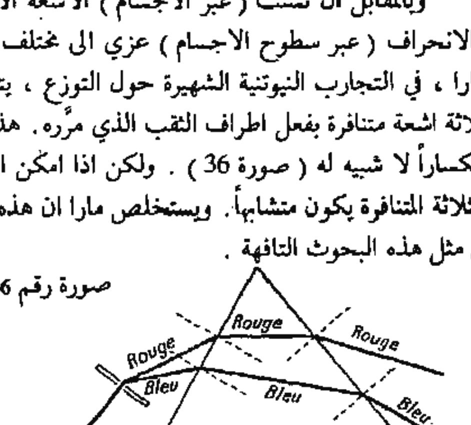
ومن جهة اخرى يتألف الضوء من ثلاثة ألوان اولية : الاصفر والاحمر والازرق، وهي تنحرف بشكل متفارق عبر الاجسام الكثيفة : فالاصفر ينحرف اكثر من الاحمر واكثر من الازرق. ثم ان الضوء يتحلل الى ثلاثة اشعة اساسية بجوار هذه الاجسام (صورة 35).



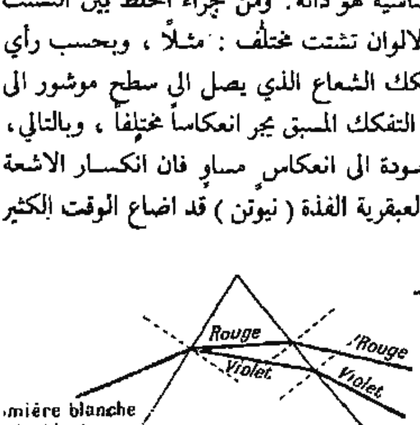
صورة رقم 35 انحراف وتفكك الضوء بجوار جسم كثيف، بحسب رأي مارا.

وبالمقابل ان تشتت (عبر الاجسام) الاشعة الاساسية هو ذاته. ومن جراء الخلط بين التشتت والانحراف (عبر سطوح الاجسام) عزي الى مختلف الالوان تشتت مختلف : مثلاً ، وبحسب رأي مارا ، في التجارب النيوتنية الشهيرة حول التوزع ، يتفكك الشعاع الذي يصل الى سطح موشور الى ثلاثة اشعة متنافرة بفعل اطراف الثقب الذي مرّه. هذا التفكك المسبق يجر انعكاساً مختلفاً ، وبالتالي، انكساراً لا شبيه له (صورة 36) . ولكن اذا امكن العودة الى انعكاس مساوٍ فان انكسار الاشعة الثلاثة المتنافرة يكون متشابهاً. ويستخلص مارا ان هذه العبقرية الفذة (نيوتن) قد اضاع الوقت الكثير في مثل هذه البحوث التافهة .

صورة رقم 36 ـ



الانحراف ثم الانكسار بحسب رأي مارا



التشتت بحسب رأي نيوتن

واراء و. غوته W. Goethe (بيتراج سور اوبتيك، 1791، سور فارينلهر، 1810) المعارضة لنيوتن بصورة جذرية ، تنطلق من مشاعر مختلفة جداً ، فالي حين سفره الى ايطاليا (1786) ظل غوته يؤمن بالنظرية الرسمية . واكتشافه التلوين الايطالي جره بصورة تدريجية الى الموافقة على فلسفة للطبيعة مستلهمة من تأويل رمزي من شأنه ان يجمع الانسان الى عالم محدد دون ان يخضعه لجفاف التحليل الجبري والتجريدات الكاذبة .

الا ان غوته جمع أسناداً ضخمة حول نظريات البصريات في القرن الثامن عشر . ويبدو غريباً ان يكون قد اعتمد اراء ب كاستل P.Castel (مخترع البيانو الرؤيوي Oculaire) او اراء ب. كيرشر P.Kircher؛ او أن يكون قد شارك في الحذر برناردان دي سان بيار Bernardin de Saint Pierre – فيما يتعلق بالات الفيزياء (التي تضللنا بمظهرها المتقن)، متجاهلاً بالتالي القيمة الاستلهامية والتركيبية للفكر العلمي .

وبالامكان بسهولة التعرف على الاصل الافلاطوني والافلاطوني الجديد في بعض تأكيدات غوته « تتشكل العين للضوء من أجل الضوء ، حتى يلتقي الضوء الخارجي الضوء الداخلي » . والعين تتطلب الكلية ، فتتجاوب مع الظلمة ، بالوضوح ومع الضوء بالظل ، ومع اللون باتناج صبغة تكميلية . وهكذا تتشكل نظرية فيزيولوجية للالوان ، وتعود العقيدة المشائية الى الحياة : وتعود الالوان خليطاً من الظل والضوء يساعده تدخل الاوساط المعكرة

ان التجربة الاساسية عند غوته تقوم على تفحص حائط ابيض من خلال موشور. وتظهر الالوان الشرّابية Irisations فقط على الحواشي (وبالفعل يحدث في مثل هذه الحالة تراكم في مختلف الصور ذات اللون الواحد (Mono Chromatique). ويستنتج غوته ان حدّ الظل والضوء مولد للالوان . وتحدث التلوينات لصالح تضاد او تعارض Antagonisme : فاللون « هو فعلٌ وتقبلٌ للضوء ».

وهكذا يترجم غوته ، مثل افلاطون ، وبشكل حرفي خالص هذه القناعة العميقة القائلة بانه يوجد فينا معادل الواقع الخارجي. « لو اني لم احمل في ذاتي العالم ، لبقيت اعمى مفتح العينين » (رسائل الى ايكرمان). تأكيد فخم ، لا تناقضه الفيزياء بل تطوره وتنميه باتباع سبل اكثر دقّة .

النظريات النيوتنية في الاوساط العلمية المتخصصة التلامذة : بوسكوفيتش Boskovich . في الاوساط العلمية المختصة معروفة هي محاسن وايضاً حدود البصريات النيوتنية ، ان غالبية ضعف النظرية قد ثبتت بفعل هويجن وليبنيز . وسوف يعمد تلامذة نيوتن في أغلب الاحيان الى ابراز صعوبات النظرية، في محاولة لتوضيح وتحسين بعض النقاط الخلافية بشكل خاص .

ومن الملاحظ نوعاً ما ان بوسكوفيتش P.Boscovich [رودزر بوسكوفيتش] Rudzer Boskovié (1711 – 1787) تلميذ نيوتن Newton انتقد احد البراهين المحبذة للنظرية : الانتشار المستقيم . وبين ان هذا الانتشار لم يبين بدقة ، ولا هو قابل للاثبات بدقة (ديسرتاتيو دي لومين ، روما 1749) .

وسوف يحاول ر. بوسكوفيتشR.Boskovich، بصورة خاصة توضيح معنى نظرية الاتصالات Accès. افترض نيوتن ان اتصالات الانتقال السهل واتصالات الانعكاس السهل، تحدث بتفاعل فيما بين الجسيمات الضوئية والاثير. ومع هذه الفرضية الصادرة عن نظرية مختلطة، تحدث تموجات من شأنها الانتشار بسرعة اكبر، واستباق الجسيم، وبالتالي تأمين قبوله او رفضه. ويقبل بوسكوفيتش بنظرية جسيمية اكثر دقة، ولكن الجسيمات المادية تتحول الى مجمل من النقاط المتميزة بقدرة جذبية او دفعية. ان هذه المراكز القووية، غير الممتدة، تحاط بالتالي بكرة من العمل الجذبي والدفعي المتتالي، تبعاً لشعاعها. وتناوبات الجذب والدفع تضغط على الجزيئات الضوئية، وتبدو كافية لتفسير الكثافة او الشفافية، والانعكاس او النقل. وتتبرر ظاهرات الانكسار، والتشتت وحتى ظاهرات التفارق والانكسار المزدوج بفضل نفس المبدأ. واذا لم يخضع بوسكوفيتش هذا التفسير لمقتضيات كمية دقيقة، فان الشروح اظهرت بوضوح الصعوبات التي تثيرها نظرية الجسيمات متى ان يراد توضيح بعض نتائجها الاساسية.

المكملون لبصريات قائمة على الذبذبات لـ. اولر L.Euler - بعد سنة 1735 لفت اولر الانتباه الى عدم صحة التأكيد الشهير الذي قال به نيوتن: وذلك عندما اثبت بان التشتت الانكسارية لا يتناسبان مع بعضهما البعض. واستنتج اولر امكانية الحصول على انظمة بصرية اكرومية (اي لا تشتت للالوان فيها).

وقد حملته افكاره الى استبعاد مقولات ديكارت ومقولات نيوتن. وقد رفض نيوتن فرضية عالم مملوء يعارض حركات الكواكب بالمقاومة. ولكن كون نيوتن المملوء بالجزيئات الضوئية التي تتحرك في كل اتجاه، ليس اكثر فراغاً من الفضاء الديكارتي. فضلاً عن ذلك تقتضي النظرية النيوتنية فرضيات قليلة الصحة مثل بديهيات ديكارت: فانبثاق الجزيئات الضوئية يتوصل بسرعة الى استنفاذ المصادر؛ والحركات المختلفة التي تقوم بها الجزيئات المنبعثة يجب ان تتناقض فيما بينها. واخيراً ان انتشار الضوء عبر الاجسام الشفافة يفترض وجود مسام مصفوفة بشكل خط مستقيم في كل الاتجاهات.

وقد حملت هذه الاعتراضات اولر الى الانضمام لنظريات الاثير المتموج. فالاثير المطاطي يدخل في كل الاجسام ويملأ الفراغ. وذبذباته تحدث الاحاسيس الضوئية كما تولد الذبذبات الهوائية الاصوات. ولهذا لا تترك الاجسام الضوئية اية مادة.

« ليس الضوء شيئاً آخر الا اضطراب او زعزعة بين الجزيئات الاثيرية ». كما قال اولر (رسائل الى اميرة المانية).

وينتشر الضوء بأسرع من الصوت لان كثافة الاثير اقل من كثافة الهواء ومطاطية اكبر. واذاً ما هي القوة التي تحدث هذا الاضطراب في الجزيئات التي تشكل الاجسام الضوئية؟ اننا نجهل ذلك: يعترف اولر، ولكن لا شيء يجرح الحس السليم « ويجب ان نكون راضين عندما لا تتضمن افكارنا اي شيء مثير ».

ورؤية الاجسام الكثيفة (أي الاجسام غير المضيئة بذاتها) لا تتم بالانعكاس ، اذ لو كان ذلك لتوجب ان نرى كما في المرآة ، الجسم ينير ذاته ، وليس الشيء المنار . وصورة الشيء تتعلق بموقع الجسم المنير وبموقع الناظر . ولكنا نعلم ان لا شيء من هذا .

وتأخذ الجزيئات التي تشكل الاجسام الكثيفة ، المستكينة عادة ، تأخذ بالتذبذب تحت تأثير النور المنعكس. وكلما كان هذا الضوء قوياً ، كلما كان الاضطراب اقوى ، رغم انه أي الضوء غير مدعوم بقوة من داخله ولا يبقى من تلقاء ذاته . وهكذا تكون الاشعة المنبثقة من الاجسام الكثيفة خاصة بها . وهي تنطلق في كل الاتجاهات وهذا ما يميز ظاهرة الانعكاس .

وهناك ظاهرة مماثلة لذبذبات الجزيئات المحركة بضوء مسلط ، تحدث في السمعيات : ان الوتر المشدود يتذبذب بالتجاوب عندما يكون بجانبه وتر مماثل يحرك . وتزول الذبذبات ، الكثيفة بشكل خاص عند حصول ألفة النغم ، إذا كانت الاثارات المتلقاة هي غير متجانسة على الاطلاق . وكذلك يوجد فروقات كبيرة بين امكانات التذبذب في مختلف الأجسام الكثيفة . وبحسب تواتر هذه الذبذبات ، تُصدر هذه الكريات أشعة قذفية مختلفة تتجاوب مع تنوع أحاسيس الألوان . إن ألوان الأجسام الكثيفة لا تحدث بفعل الانعكاس الانتقائي لأشعة الشمس ، بل بذبذبات خاصة بكريات الاجسام الكثيفة التي يطلقها الضوء المسلط .

ويرى نيوتن ان الوان الاجسام الكثيفة تعزى الى امتصاصات انتقائية للنور المسلط . ويرى اولر Euler ان الالوان تنتج عن امتصاص كامل تتبعه اعادة انبثاق انتقائية تميز الجسم المضاء . وهذه الاوالية قريبة من الاوالية التي ادخلتها التفسيرات الحديثة بالنسبة الى التوهج بالفليور وبالفسفور . ويقول اولر ان بعض الاجسام الكثيفة تكون مضيئة حتى عندما تتوقف الانارة : وذلك لوجود استعداد خاص يتطور بأحداث ذبذبات . ونظرية اولر Euler اعجز من ان تزيل الصعوبات الكبرى التي احدثتها في ذلك الزمن النظرية الذبذباتية . وخصائص الاثير التي بدت له ابداعية جداً ، تقود الى القول بميزات غير واقعية . ومع ذلك فنظرية اولر تمتاز بانها تبرز الصعوبات التي تعترض نظرية الانبثاق ، وهي صعوبات يستحيل اهمالها . ان نظرية اولر ، وهي تبرز حدود النظرية النيوتنية ، تجدد مفاهيم مالبرنش Malebranche وغريمالدي Grimaldi ، وهويجن Huygens وليبنيز Leibniz . وهي قد فتحت الطريق منذ نهاية القرن الثامن عشر ، الطريق المثمر ولكن الصعب ، الذي سار فيه بعد ذلك مالوس Malus ، ويونغ Young وفرنل Fresnel .

مبدأ الاقتصاد الطبيعي ـ في نصف القرن الثامن عشر عادت الى الظهور قصة « مبدأ الاقتصاد الطبيعي » الذي وضعه فرمات حوالي سنة 1664 (راجع فصل ولادة البصريات الرياضية) . قبل فرمات رأى ديكارت بأن سرعة الضوء أكبر في الهواء مما هي في الماء ، وقد استطاع أن يبين بأن مسار الشعاع المنكسر ، هذا المسار الذي قال به قانون الجيوب (سينوس) هو أيضاً المسار الذي يجعل زمن الاجتياز أقل . ويقود إذاً مبدأ الاقتصاد الطبيعي الى قوانين صحيحة حول الانكسار ، هذا إذا تمت الموافقة على أن سرعة الضوء تكون أكبر في الأوساط الأقل انكسارية . وهذا الاقتراح كان مخالفاً أيضاً

لفرضيات نيوتن كما هو مخالف لنظريات ديكارت . وبقبول هذه النظريات يبقى نجاح مبدأ الاقتصاد الطبيعي غير مفهوم .

ولم يفصل فرمات بوضوح مبدأ الزمن الاقل عن المبدأ الذي ادخلته المقاومة الدنيا من قبل الوسط . في سنة 1682 ميز ليبنيز بعناية تعريف « الطريق الاسهل » عن مفاهيم المسار او الزمن الاقل . فبالنسبة اليه تكون صعوبة الطريق اقل عندما يكون حاصل ضرب طول هذه الطريق ، بالمقاومة المحسوسة عند اجتيازها .هو ايضاً اقل . وهو اي ليبنيز يقبل بما قبل به فرمات ، بقانون الجيوب وإذاً فهو سينتهي الى نفس الصعوبة ، ان لم يتجنبها بالقول ان مقاومة المكان تتناسب عكسياً مع سرعة الضوء في هذا المكان . وهكذا ، وبعد تعريف معاملات الانكسار مثل فرمات :

(مقاومة الماء / مقاومة الهواء = n<1 ، توصل ليبنيز مع ذلك الى استنتاجات معاكسة :

السرعة في الماء / السرعة في الهواء <1 ؛ وقانون الجيوب (n > 1 ، يقضي بأن سرعة الضوء تزداد مع القدرة الانكسارية للمكان . ومع ذلك يبدو تأكيد ليبنيز والمقارنات التي تدعمه غريبة وشاذة ، فلا تستحق التأكيد ، أو الموافقة .

وفي سنة 1744 عرف موبرتوي Maupertuis الذي كان يجهل ابحاث ليبنيزLeibniz، عرف بدوره مبدأ « الاقتصاد الطبيعي » وطبقه على « كمية من العمل»[1] ، المحدث بفعل طول الطريق المقطوع مضروباً بالسرعة ، وبكثافة الجسم المتحرك (او حاصل ضرب طول الطريق بكمية حركة المتحرك الذي يجتاز هذا الطريق) . وفي حالة الجسيمات المضيئة تكون الكثافة ثابتة لا تتدخل : ان كمية العمل تكون عندئذٍ دنيا ، ويكون قانون الجيوب صالحاً إذا كانت سرعة الضوء تزداد مع انكسارية المكان Réfringence . وهكذا حمل تطبيق « الفعل » المحدد بصورة صحيحة ، فعل المبدأ المرضي ، طالما يتعلق الامر بجزيئات مادية ، حمل موبرتوي الى القول ببديهيات مضللة وذلك في ما خص نظريات الضوء .

والواقع ، ان تطبيق مبدأ الفعل الاقل على ظاهرات الضوء ، يفترض انتشاراً للموجات ويقتضي تعريفاً اعم لكمية العمل . والرابط في هذا المبدأ مع القوانين العامة ، في مجال الميكانيك ، يجب اثباته باعمال هاملتون Hamilton وجاكوبي Jacobi . الا ان لويس بروغلي Louis de Broglie وحده هو الذي استطاع ، عن طريق تعميم تلاحم الموجة الجُسيم ، ان يوضح معنى وحدود المبدأ القديم ، مبدأ الاقتصاد الطبيعي الذي اصبح قانون العمل الثابت .

---

(1) راجع الفصل الثاني من هذا القسم .

الفصل الثاني :

السمعيات من القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

يستحق علم الاصوات التفاتة خاصة بخلال القرن السابع عشر والثامن عشر . رغم ان تشكل الذبذبات الطولية في الهواء بشكل موجات صوتية قد عرف منذ العصور القديمة كما يشهد بذلك هيرون Héron ، فان اليونانيين قد اكتفوا بالبحث عن العلاقات الوسيطة التي تسمح بمقارنة الاوتار المرنّة من الناحية الموسيقية . لا شك انهم نقلوا الفكرة بان الصوت مرتبط بالصدمات وبالحركات التذبذبية السريعة جداً والتي تنتج عنها، الا انهم رغم ذلك لم يؤسسوا دراسة في طبيعةالصوت وبخلال القرن الـ 17، وبالتساوق مع الميكانيك الذي هو اصل ، منه فرع علم الأصوات، تحرر هذا العلم من الفن الموسيقي ليصبح علماً حقيقياً حول الظاهرة الصوتية .

الاوتار المتذبذبة ـ ومع العلم بالارث القديم ، كان من الطبيعي العثور على مسألة الاوتار المتذبذبة ، في المطلع الاول من البحوث النظرية حول انبثاق الصوت . وكان غاليليه Galilée ، في كتابه ديسكورسي 1638 هو الذي أعلن فكرة التواتر في ذبذبات الوتر ، وهو الذي ميز بين الارتفاع النسبي في صوتين نسبة الى تواترهما وبين اخيراً كيف ان تواتر وتر متذبذب يتعلق بطوله وبشده ثم بنوعه او جرمه . وبذات الوقت تقريباً حدد ب. مرسين P.Mersenne عن طريق التجريب ان اعداد الذبذبات في وترين من نفس الطول ونفس الشد تتناسب في ما بينهما تبعاً للجذر التربيعي لجرميهما Masses، وان نفس الاعداد تتناسب مع الجذر التربيعي للاوزان الشادة . ولاحظ ان وتراً مشدوداً يسمع ، اضافة الى النوتة الاساسية ، ما اسماه جوزيف سوفير Joseph Sauveur (1653 — 1716) الهرمونيكات العليا ، ولكنه لم يكتشف سببها .

هذا الاكتشاف الذي اقتضى دراسة للحالة التذبذبية في الوتر انجزه الانجليزي و. نوبل W.Noble وت. بيغوت Th. Pigot وعرضه واليس Wallis سنة 1677. وطوره بشكل مستقل سوفير Sauveur سنة 1700 الذي جرب مستعملاً الورق للقياس وحدد بالتالي موقع العقد والجيوب في الذبذبات فوق الوتر المرتجف . وشكّ بمفهوم الموجات المتوقفة واستعمل ظاهرة النبضات ، والرنين

Resonance مقرراً العلاقة مع ملاحظات اخرى حول انابيب الاورغ[1] ولم تمنعه بدائية نظريته من اكتشاف العلاقات البسيطة في الذبذبات المسموعة ، الى جانب النوتة الاساسية ، من وترٍ يتذبذب ، وقد اسمى هذه الاجراس بالهرمونيات العليا .

وعلم كاري (1709) Carré وفيليب دي لاهير (1716) Ph. de la Hire ان الصوت الذي يحدثه الوتر يأتي عن « ارتجاف » الخلايا ، ارتجافاً تحدثه الذبذبات ، في حين ان نيوتن في كتابه برنسيبيا يرى ان الذبذبات في الوتر هي المولدة المباشرة للاصوات . وفي حين بدأ العلماء يطرحون بصورة جدية مسألة طبيعة الصوت ، ويترددون حول المبدأ الواجب اعتماده ، اخذت تتضاعف البحوث النظرية حول الحالة الارتجافية في الاوتار المرتجفة ، وشكلت فصلاً مبدعاً في الميكانيك العقلاني. وفي سنة 1715 شرع بروك تايلور Brook Taylor في تطوير النتائج التي حصل عليها مرسين وحدد تواتر الارتجاف الاساسي في وتر مرتجف .

وتوصل الى نتيجة تعادل المعادلة الحديثة : $n = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{m}}$، حيث L يساوي طول الوتر وT تساوي الشد وm تساوي الكثافة الطولية وn تساوي تواتر الذبذبة .

واستنتج جان برنولي Jean Bernoulli، خطئاً، ان منحنى الذبذبات هو اهليلج . ووضع ابنه دانيال المعادلات الاولى التفاضلية للمسألة دون ان يستطيع دمجها بشكل متكامل. ودالمبير d'Alembert هو الذي شرح ودمج سنة 1747 ، المعادلة الاساسية بالمتفرعات الجزئية :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = a^2 \frac{\partial^2 y}{\partial t^2},$$

وفيها y = الفرق العارض في خلية ذات سينية x على الوتر وهو فرق تابع بآن واحد لـ x وللزمن t

وتفسير الدالتين العفويتين ، المتدخل في حل هذه المعادلة ، ادى الى مناقشات طويلة ساهمت في التطور السريع في نظريات المشتقات الجزئية . وقد لعب فيها اولر ودالمبير ودانيال وبرنولي ومونج ولاغرانج وفوريبه دوراً اساسياً . وعالج دانيال برنولي ولاغرانج الدراسة النظرية للانابيب المتذبذبة في حين انه بفضل دانيال برنولي واولر معاً درست الظاهرات التذبذبية المتنوعة جداً مثل : القضبان والحلقات والاجراس والطنابير ، درست دراسة رياضية ، واعطيت لها بالتالي تمثيلات واحدة ، مستقلة عن كل نظرية حول الصوت . هذا الترييض قدم لعلم الصوت أداة أساسية .

ودراسة الحالات التذبذبية لم تبق نظرية خالصة وتسببت بالعديد من محاولات التثبت التجريبي .

---

(1) إن ظاهرة النبضات قد استعملها سوفير Sauveur لكي يوجد مقياساً للتوتر ولكي يحدد ارتفاع أية نوتة . وفي منتصف القرن الثامن عشر أشار سورج وروميو وتارتيني Sorge, Romieu, Tartini إلى إمكانية الحصول على ظاهرة النبضات ذات التواتر الموسيقي (فرق التواترات والأصوات التي تتداخل) .

وجرت بصورة منهجية في آخر القرن الثامن عشر على يد ارنست فردريك كلادني Ernst Friedrich Chladni (1756 – 1827) واثبتت ، الى جانب الارجحات الاعتراضية في الاوتار ارجحات طولية وارجحات انجدالية . ودرس كلادني أيضاً ذبذبات (معيار النغم) أو الأزاز ، ولكي يتحكم بملاحظات أولر حول ارتجافات الجلود ، استخدم كلادني الطريقة التي من شأنها إظهار الخطوط العُقدية فوق الصفائح المرتجفة بعد رشها بالرمل . كما أجرى تجاربه أيضاً على الأجراس المملوءة بالماء ، وكانت الحالة الارتجافية في الجرس المحكوك تظهر بواسطة الموجات فوق سطح الماء .

الموجات الصوتية ـ واخذت فكرة الموجة وفكرة انتشار ظاهرة تتبع الحركـة المسماة تمـاوجية ، اخذت تتجسد بصورة تدريجية ، بخلال النصف الثاني من القرن السابع عشر . وقدم هويجن في كتابه (حول الضوء سنة 1690)عرضاً شكلياً، ولكن الافكار التي صاغها كانت من قبل معروفة بالسمع منذ عدة سنوات . وتكلم غريمالدي Grimaldi في كتابه «فيزيكوماتيز يس» 1665، عن التشابه بين موجات الماء وانتشار الضوء . اما ب. انغو P.Ango فقد كان اكثر وضوحاً في كتابه « اوبتيكا » الذي نشره سنة 1682 سنداً لمخطوطة عن ب. باردي P.Pardies متعلقة بالضبط بالحركة التموجية :

« انها الحركة الشائعة الان بين فلاسفة هذا الزمن الذين يقارنون بين الانتفاخات والانقباضات في الهواء والتي طلبها ارسطو من اجل احداث الصوت ، مع وبين الموجات التي ترى مرتفعة فوق سطح ماء هادىء عندما يرمى فيه حجـر » .

وتشبيه موجات الماء ، هو اذاً باعتراف ب. انغو مطبق بالدرجة الاولى على الظاهرة الصوتية . ثم هو يطبقه على الضوء ، والتميز الوحيد بين الصوت والضوء يأتي من ان الضوء يتطلب ذبذبات اكثر سرعة ، ووسطاً تذبذبياً مساعداً على انتشارها ، اكثر رهافة من الهواء ، وهو الاثير . ولم يغير هـويجن شيئاً في هذا التصور ، وقد ساوى بين الصوت والضوء باعتبارهما مكونـين من تموجـات طوليـة ولكن الضوء هو الذي يهمه ، ونظريته التأرجحية لها قليل من التأثير في تطور السمعيات . اما نيوتن ، وان لم يهدف بالضبط الى الموجات ، فانه في كتابه « المبادىء » يمثل الصوت وكأنه صدمات تنتشر من خلية الى خلية ، وبشكل موحد في جميع الاتجاهات ، ويشير ايضاً الى ان سرعة الانتشار تتنـاسب مع حـاصل قسمة الجذر التربيعي للمطاطية على الثقل النوعي . وهذه الصيغة سوف لن تجد تأكيداً لها في التجربة إلا عندما أحل لابلاس فيها المضغوطية الكظمية محل المضغوطية متساوية درجة الحرارة وذلك في سنة 1826 . وفي حين بقيت النظرية التأرجحية وبقي تطبيق الحساب على الظاهرة الصوتية ، في الحالة الجنينية ، رغم الالهامات الموفقة واللقاءات المساعدة عرضاً ، رغم كل ذلك تم اكتساب عناصر أساسية في أواخر القرن السابع عشر .

وبين أوتو غيريك Otto de Guericke مختـرع الالة المـاصة للهـواء سنة 1650، ان الصـوت بعكس الضـوء لا ينتشر في الفراغ . واكمـل بويـل Boyle ودنيس بابـان Denis Papin وهوكسبي Hauksbee، هذه التجارب وبينوا ان الهواء هو الذي ينقل الذبذبات الصوتية .

ومع ذلك فانه في سنة 1779 فقط اثبت بريستلي Priestley ان زخم الصوت المنقـول بواسـطة

الغاز يتناسب مع كثافة هذا الغاز او ثقله النوعي بالاحرى وجرب درهام Derham سرعة الصوت على اساس مفاهيم نيوتن فلاحظ ان هذه السرعة غير مرتبطة بالزخم ، بل انها تكون اكبر باتجاه الريح اكثر مما هي بعكسه . واخيراً جرى البحث حول ظاهرة الصدى ، وجرت محاولات لاستخدامه (مرسين) من اجل قياس سرعة الصوت . واخترع موررلان Morland سنة 1671 ناقلة الصوت ، ولكنه شرحها خطأ بانها انعكاسات حول اطراف الانبوب. اما الاستنتاج الذي فرض نفسه أمام كل هذه الوقائع ، فقد عبر عنه ب. انغو P.Ango بقوله : « يوجد في الصوت شيء اخر اكثر من الصفة الخالصة » كما اراد ذلك السكولاستيكيون ، وهذا الشيء هو الذبذبة والأرجحة في الهواء. ورغم التعابير غير الكافية فان التمييز بين زخم الصوت (اي مدى اتساع الذبذبات) وارتفاع الصوت اي تواتر الذبذبات ، قد عبر عنه ايضاً ب. انغو بدون غموض ، وهذه الشهادة تدل على ان تحليل الصوت يسير في دربه الصحيح .

واكمل القرن الثامن عشر هذا التحليل في عدة نقاط مهمة . وفي سنة 1738 قدمت اللجنة المسماة من قبل الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس والمؤلفة من جاك كاسيني Jacques Cassini ومرالدي Maraldi ولاكايLacaille من اجل قياس صحيح لسرعة الصوت ، نتائج أعمالها: 173 قامة أي 337 متراً في الثانيةوهي نتيجة افضل بكثير من النتائج التي قدمها في السابق مرسين Mersenne وغاسندي Gassendi وبوريلي Borelli وفيفياني Viviani. ان التركيب الجيومتري مع سرعة الريح ، واستقلالية الضغط وتزايد السرعة مع الحرارة، تلك هي العناصر الاخرى التي قدمتها هذه اللجنة ، التي لم تحسن نتائجها الا في القرن التاسع عشر .

ولان مطاطية الماء كانت منكورة وكذلك مطاطية السوائل عموماً ، كانت ترى استحالة انتشار الصوت في السوائل في اواخر القرن السابع عشر. وفي سنة 1743أثبت نوليه Nollet ان الصوت ينتقل ايضاً بالماء . وعندما غطس في نهر السين لاحظ انه يسمع الاشارات الصوتية بنفس ارتفاع الصوت انما بزخم مختلف . وعندما استعمل الماء المنقى من الهواء بين نوليه ان الصوت لم ينقل بواسطة الهواء المنقول في الماء. وفي سنة 1791 بين بيرول Pérolle بواسطة تجارب متنوعة ان الصوت يذهب الى ابعد في اي سائل منه في الهواء . ومن جهته قام كلادني Chladni بقياسات غير مباشرة لسرعة الصوت في اجسام متنوعة وفي غازات متنوعة .

وهكذا تبدو حصيلة القرن الثامن عشر بعيدة عن الاهمال : معرفة اكثر وضوحاً بانتشار الصوت في الهواء ، ثم اثبات استقلالية تواتر الذبذبات بالنسبة الى مكان النقل. وبدت طبيعة الصوت في اواخر القرن الثامن عشر وكانها متميزة بصورة أساسية بالحالة الارتجافية ، وكانت الارض قد اصبحت ممهدة : دراسة ظاهرات التشابك ، والرنين، ثم تحليل الاصوات المعقدة المؤلفة من تراكم عدة اصوات بسيطة او هارمونيكا ، وعن ذلك تنتج فكرة الجرس ، كل ذلك اصبح ممكن التنفيذ[1] .

(1) إن دور الهارمونيك في الجرس سبق إليه رامو Rameau سنة 1726 وفهمه بوضوح مونج Monge حوالي 1780 ولكن هذا الإكتشاف بقي مجهولاً طيلة قرن من الزمن حتى جاء هلمهولتزHelmholtz.

الصوت البشري ـ اشار افلاطون Platon في « قوانينه » ان الصوت البشري يجب ان يعتبر ايضاً بحسب قواعد الهارمونيا الموسيقية وان الاصوات الحنجرية تتميز بحسب اجتماع النغمة العالية والنغمة العميقة . ولكن دراسة الصوت لم يكن بالامكان مباشرتها قبل توضيح تحليل الصوت . ولاحظ صموئيل ريهر Samuel Reyher (ماتيزيس موزيكا 1619) انه يسمع في الصوت ، ليس الصوت الاساسي فقط ، بل ايضاً الهرمونيك . وأخذ رامو Rameau هذه الفكرة (النظام الجديد للموسيقى النظرية ، 1726) واخذ يجري تجاربه على احرف المد المغناة ثم اجرى تجربته الاولى حول التحليل الصوتي واكد هيلوغ Hellwag في رسالته في توبنجن Tubingen (1780) وفلورك Florke (1803 - 1804)، اكدا الواقعة التي قبل بها ريهر Reyher بان الاصوات الخاصة بالتجويف الحلقي تختلف باختلاف احرف المد المتنوعة .

واقتصر على هذه العناصر تقديم القرن 17 و18 لمعرفة الصوت . وللذهاب الى ابعد ، كان من الواجب اكتشاف وجود اوتار صوتية ومعدات تجريبية خاصة : المرنان الذي يتيح تمرين الاذن من اجل تحليل الاصوات وتمييز الهارمونيك العليا .

الاذن ـ وكان الاول الذي حاول تحديد حدود الاستماع في الاذن هو سوفير Sauveur (1700). وقد اهتم اولر Euler ايضاً بهذا الامر (تنتامن نوفا تيوريا موزيكا، بطرس برغ 1739)، كما لحظ الصعوبة المتوجبة بسبب التغييرات تبعاً للمراقبين. وكانت النتائج اقل اهمية من الحدث، حدث التعبير عنها، بمجرد ارتفاع الاصوات ، وهذا دليل جديد على الانتباه لهذا العنصر المميز . وبانتظار اكتشاف اوالية الاستماع جرت عدة دراسات حول تناغم وتنافر الأصوات بخلال القرن الثامن عشر قام بها اولر ، وتارتيني Tartini (كتاب الموسيقى ، 1754) ودالمبير d'Alembert (عناصر الموسيقى ، 1762). ولكن هذه الدراسات اقتصرت على اعتبارات حول العلاقة البسيطة في تواتر الذبذبات التي تسمع بآن واحد .

وفي النهاية لم تجد الاداة الرياضية التي اعدتها الدراسات حول الاوتار وغيرها من الاجسام المرجرجة لم تجد تطبيقها الكامل في الظاهرة الصوتية في القرن الثامن عشر . ولكن الاتصال مع الدراسات الفيزيائية حول طبيعة الصوت الذبذباتية ، بصرف النظر عن الوسط الدعامة هو الذي اتاح منذ مطلع القرن التاسع عشر ، الانجاز الرياضي بفضل سلسلات فورييه Fourier في تحليل الصوت ثم نشوء علم حقيقي حول التطبيقات المتعددة .

الفصل الثالث :

الحرارة في القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

ان اهمية الطاقة الحرارية في حياة البشر ضخمة واكيدة . انها في البداية حرارة الشمس. العنصر الاساسي اللازم لكل حياة نباتية او حيوانية ، عنصر يؤمن تتالي الفصول ، وتوزيع المناخات وتغيراتها . وهناك ايضاً النار التي قلب الاستيلاء عليها ، باعتباره احد اول واكبر الانجازات التقنية التي حققها الانسان ، قلب ظروف التغذية البشرية وأتاح ولادة وتطور تقنيات اساسية مثل السيراميك والتعدين .

ولكن بمقدار اهمية هذه الظاهرات على الصعيد العملي ، بمقدار ما تبين تحليلها دقيقاً وصعباً . والسبب الرئيسي في هذا الوضع الذي جرّ وراءه ازدهاراً متأخراً جداً في ما يتعلق بدراسة هذه الظاهرات دراسة نظرية ، هذا السبب يكمن في صعوبة عزل العناصر الاساسية وتكوين مفاهيم عنها وهي : الحرارة وكمية السخونة . وتدخلت هذه العناصر ضمن اطار فيزيائي معقد للغاية تتداخل فيه الاسباب والمسببات ، وتدخل فيه مختلف مجالات الفيزياء (الميكانيك ، تغيرات الحالة ، البصريات ، الكهرباء الخ)، الكيمياء (الاشتعال ، والتفاعلات المختلفة)، الفيزيولوجيا (السخونة الحيوانية) ثم السيكوفيزيولوجيا (مفهوم الحار والبارد) حيث توجد عوامل اخرى متقارنة ومندمجة بصورة حميمة فيها .

والاهمية المعطاة « للنار » تبدو من خلال المكانة المميزة التي تحتلها في كل الانظمة الكونية والفيزيائية التي وضعت بخلال العصور القديمة . والنظرية الامبيدوكلية ، وقد صيغت في القرن الخامس قبل المسيح ، وهي تقوم على العناصر الاربعة : ماء هواء نار ارض ، سوف تظل تحتل مكانة واسعة حتى نهاية القرن الثامن عشر. واعتمد ارسطو هذه النظرية بعد ان اكملها. وأكد وجود سمات اساسية : زوجين من الصفات المتناقضة الحار والبارد والجاف والرطب ، واجتماعها غير المتناقض يتطابق مع العناصر الاربعة (مثلا النار حارة وجافة ، الهواء حار ورطب الخ). وحرارة جسم ما ، (او مزاجه) تدل على النسب التي تنوجد من هذين الزوجين من الصفات الاساسية . هذا المفهوم المعتمد بشكل شبه عام حتى عصر النهضة. استكمل على الصعيد الطبي بالتمييز ـ المكمل والنوعي الخالص ـ الذي ادخله غاليان ، وفيه الدرجات الاربع الممكنه في الحار والدرجات الاربع في البارد . وإذاً فقد كان من غير الوارد التطلع الى انقاص الصفات الاساسية او ردها الى مفاهيم اخرى قابلة

للتكميم . وعلى الرغم من ذاتيته ومن محدودية تطبيقه ، ظلّ الاحساس السيكوفيزيولوجي بالحار والبارد حتى القرن السابع عشر التقدير الوحيد لمفهوم الحرارة ، وكذلك للفحص الطبي كما للرصودات المتعلقة بالارصاد الطقسية والفيزيائية .

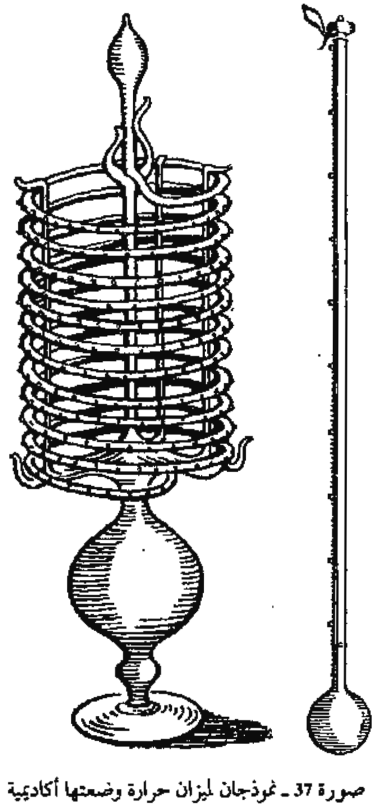
I ـ بدايات القياسات الحرارية (الترمومترية)

الرواصد الحرارية على الهواء Thermoscope (ترموسكوب) ـ منذ العصور القديمة لوحظت بعض مفاعيل تمدد الاجسام الصلبة والسوائل وكذلك طبق التوسع الحراري للهواء ولبخار الماء على عمل بعض الالات المبتكرة المستعملة في اغلب الاحيان كآلات تسيير ذاتي. من ذلك ان فيلون البيزنطي Philon de Byzance (القرن 3 و2 قبل المسيح.) وهيرون الاسكندوي Héron d'Alexandrie (القرن الاول قبل المسيح؟)، وصفا في كتابيهما عن «البنوماتيك» انواعاً من الموازين لرصد الحراوة تتيح التثبت من سخونة وبرودة الهواء الموجود ضمن بالون . ولكن يبدو ان اية عملية لتتبع الحرارة لم تحصل بهذه المناسبة . ،وفيلون ، بهذا الشأن ، رغم تأثره باوالية ديموقريط ، التي وصلته بواسطة ستراتون Straton، يرجع بوضوح الى النظرية الارسطية حول المزايا والصفات . الا ان قيام كوماندينو Commandinoسنة 1575بنشر ترجمة لاتينية لكتاب هيرون«بنوماتيك»، اعاد ذكر هذه الالات الى الاذهان ،في الحين الذي كانت فيه مبادىء الفيزياء الارسطية ، موضوع جدل جدي . وانه لذو دلالة ان يكون غاليلي الذي يعتبر وكأنه اول من اعاد اكتشاف ميزان الحرارة (ترموسكوب) حوالي 1592 : في حين ان احد النصوص الغاليلية النادرة التي ترجع بوضوح الى هذه الالة ، قد شجبت التميز الارسطي بين الحار والبارد باعتبارهما صفتين اساسيتين .

وكان سنتوريو Santorio، وهو من المتحمسين للطرق الكمية في العلوم البيولوجية ، من اوائل الذين استخدموا قبل 1612 سلماً ترمومترياً لقياس الحرارة . وهذا السلم المحدود بنقطتيه القصويين : (درجة حرارة الثلج ودرجة حرارة لهب شمعة) يتضمن ترقيماً تدرجياً متساوي التقسيمات الدسيمترية (العشرية). وقد حطم سنتوريو Santorio، وهو يستخدم هذه الالة من اجل تقدير درجة الحرارة البشرية لغايات طبية ، حطم المعتقد القديم القائل بان الجسم البشري يكون في الليل اكثر برودة منه في النهار. وهناك موازين لرصد الحرارة (ترموسكوب)، مستوحاة من نماذج فيلون وهيرون او سنتوريو قد وصفت من قبل العديد من المؤلفين في ذلك الزمن امثال : ك. دريبل C.Drebbel (حوالي 1600)، فرنسيس باكون Francis Bacon (1620)، ج. لوريشون J.Leurechon (1624)، ر. فلود R.Fludd (1638)، آ. كيرشر A.Kircher (1641)، و. غيريك O.de Guericke (1672) .الخ . ولكن الترموسكوب الهوائي ، والذي سمي خطأ من قبل لوريشون بالترموماتر اوميزان الحرارة لم يكن الا الة قياس قليلة الامانة ، وحساسة بآن واحد تجاه تغيرات الضغط الجوي كما تجاه تغير الحرارة . وخطورة هذا العيب الاخير اكتشفت بخلال الارصاد البارومترية الاولى ، من قبل باسكال Pascal سنة 1648 كما اشار اليها مجدداً. بويل سنة 1662 . وبعد اكتشاف هذا الشكل من العيب، الموجز جداً

حلت موازين الحرارة ذات السائل (ترمومتر) محل الترموسكوب الهوائي .

موازين الحرارة الأولى ذات السائل (ترمومتر) ـ كانت الاشارة الاولى الى ترمومتر ذي سائل قد وردت في كتاب ارسله جان راي Jean Ray الى مرسين في اول كانون الثاني سنة 1632. وهذه الالة البدائية هي مجرد نقل للترموسكوب الهوائي . وهي تقتصر على بالون مملوء بالماء يعلوه انبوب رفيع جداً مفتوح في طرفه الاعلى . وبعد عدة سنوات ، وقبيل 1650 وضعت نماذج اكثر كمالاً في فلورنسا في محيط دوق توسكانا الكبير . وكان السائل المستعمل في هذه الترمومترات هو روح الخمر (الكحول المخلوطة بالماء) وكانت الانابيب ـ بعضها مستقيم ، يحمل التدرجات الفعلية ، وبعضها الاخر بشكل دائري حلزوني ، ويوضع في الصالونات ـ مسكرة باحكام حتى لا يتبخر السائل ، وكانت تحمل سُلَّماً مرقماً مصنوعاً من حبيبات زجاجية ، تسمح بتتبع درجات الحرارة (الصورة 37) . ولكي يتاح الاستعمال المنهجي هذه المعدات ، من اجل غايات الملاحظة الارصادية او العلمية ، كان لا بد من تأمين امكانية المقارنة فيها بينها . ولهذه الغاية حدد علماء فلورنسا النقطتين القصويين في مقاييسهم (درجة الحرارة الشتوية الدنيا ، درجة الحرارة الحيوانية) وقسموا المسافة بين النقطتين الى عدد ثابت ذي اقسام متساوية ، مما يقتضي توحيد اتساع (كاليبرا) الانبوب البارومتري . وأتاحت الملاحظات الرقابية ، المجراة



صورة 37 ـ نموذجان لميزان حرارة وضعتها أكاديمية سيمنتو نحو سنة 1660 (متحف تاريخ العلوم في فلورنسا) .

مثلاً في الثلج الذائب ، التثبت من النتيجة الحاصلة . وهناك حالات اخرى استخدمت فيها « نقطة ثابتة واحدة » ، اما الترقيم فقد تم بالتعرف التجريبي على معامل التمدد في السائل الترمومتري ، وبمعرفة العلاقة بين الاحجام الداخلية للخزان ولقسم محدد من الانبوب .

واستخدام هذه الموازين الحرارية من قبل أكاديمية سيمنتو ، في إطار الجهد التجريبي الواسع الذي قامت به بعد 1657 [1] أتاح لها شهرة كبيرة .

(1) إستعمل علماء فلورنسا أيضاً سلاسل من رقاصات الضغط المدرجة ، بقصد تتبع تغيرات الحرارة إنطلاقاً من تغير درجات النقل النوعي في السائل .

وساعدت بعض النسخ المجلوبة الى فرنسا وانكلترا على نهضة العلوم التجريبية وعلى تقدم الترمومترية من جديد (ترمو حرارة مترية قياس) . وكان الاستكمال الاساسي المتوقع في هذا السبيل الاخير، واقعاً في مجالين، الاول نظري : وهو التعمق التصوري لمفهوم الحرارة، وتعريف سُلم ترمومتري ادق واكثر تجذراً . اما المجال الاخر فتقني : وهو صنع الات اكثر دقة وامانة وأفضل ملاءمة لمختلف الاحتياجات النظرية والعملية .

وهذا المجهود المزدوج التصوري والتقني ، احتاج الى قرابة قرن قبل ان يصل الى نتائج مرضية نوعاً ما ، ولكنه شق الطريق الى دراسة النظرية لمجمل الظاهرات الكالورية (الوحدات الحرارية)، والى الاستعمال العملي الاكثر فعالية لمفاعيل هذه الظاهرات . كما ادى بذات الوقت الى تقدم مهم في العديد من فروع العلم الخالص والعلم التطبيقي ، مثل الكيمياء او علم الارصاد حيث تتدخل هذه الظاهرات .

تقدم علم قياس الحرارة (ترمومتري) في القرن الثامن عشر ـ ان تمدد السوائل يبدو وكأنه ظاهرة ترمومترية هي الابسط اكتشافاً ، ويبقى اختيار السائل الاكثر طواعية . ومنذ 1693 اقلع هالي Halley عن استعمال الماء ، بسبب نقطة تجمده العالية جداً . وفي سنة 1772 اشار ج. آ. ديلوك J.A.Deluc الى تعارض آخر او عدم صلاحية : وهو عدم انتظام تمدد الماء ووجود نقطة قصوى في الثقل النوعي هي الدرجة 4 سنتيغراد. (وهذا الامر تأكد سنة 1805 بتجربة شهيرة لهوب Hope)[1] . اما روح الخمر ، فهو سائل ذو معامل تمددي مرتفع ، وهو خليط من الماء والكحول ، ويساعد على صنع موازين حرارة حساسة جداً . ولكنه ذو نقطة غليان قليلة الارتفاع كما انه ذو تركيب غير محدد وذلك بسبب انعدام الفكرة الواضحة فيما خص التمييز بين الخليط والنوع الكيميائي ، وكذلك لانعدام الطريقة الدقيقة لقياس الثقل النوعي ، وهو قياس لم يتحقق الا في سنة 1768 على يد بومي Baumé . الا ان العديد من المجربين ، وخاصة ريومور Réaumur قد نجحوا في تحسين شروط استعماله نظراً لسعة انتشاره . وكان الزئبق خالياً من عيوب روح الخمر ، على الاقل بشكله النقي، الا انه ذو معامل تمددي اقل ، وهذا ما اخر اعتماده كسائل ترمومتري ، واذا كان بوليو Boulliau قد استعمله لهذه الغاية منذ 1659 ، فان انتشار استعماله بصورة واسعة لم يتم الا بعد 1720 ، بفضل تأثير فهرنهايت . وقد عَرَف هذا الاخير ، وكان يهتم بالترمومترية منذ 1709 ، عَرَفَ السلم الترمومتري الاول ، الذي عاش حتى ايامنا هذه . وبعد العديد من التجارب ، حدد عند الدرجة صفر حرارة نوع من المزيج المبرد، وعند الدرجة 96 حرارة جسم انسان بصحة جيدة . وتثبت بان تجمد الماء وغليانه تحت الضغط الجوي

---

(1) بين الدرجة صفر مئوية (ذوبان الجليد) والدرجة 4 مئوية ، ينقص حجم كتلة محددة من الماء عندما تزداد الحرارة . وذلك عكس ما يحصل لبقية السوائل . وفوق الدرجة 4 مئوية يتبع الماء القاعدة العامة ، ويزداد حجمه كلما ازدادت الحرارة . وينتج عن ذلك بشكل أكيد أن الماء يصل إلى درجة قصوى في ثقله النوعي عند الدرجة 4 مئوية . وضمن فسحة أو مسافة حول هذه الدرجة الحرارية يكون ترقيم أي ترمومتر مائي مطابقاً لقيمتين ممكنتين .

العادي يحدثان عند درجات حرارة ثابتة (اي على التوالي عند الدرجة °32 و°212 في سلمه) وهذان الرقمان اعتمدا بوجه عام كنقطتين ثابتتين اساسيتين[1]. وبواسطة الة خاصة ، هي « الهبسومتر » اثبت فهرنهايت Fahrenheit ان نقطة غليان الماء تتغير تبعاً للضغط الخارجي ، وهذا امرٌ استخدمه فيما بعد ديلـوك في قياس الارتفاعات . كما انه حدد نقطة غليان السوائل المختلفة .

وهناك سلم ترمومتري اخر استعمل في بعض البلدان الاوروبية الغربية حتى بداية القرن التاسع عشر. وفيه جعـل الصفر والدرجة 80 درجتي حرارة تجميد المياه وغليانها تحت الضغط العادي . وهذا السلم برغم انه ادخـل بشكله الدقيق هـذا ، في سنة 1772 الى فـرنسا ، عـلى يد الفيـزيائي والعـالم الارصادي الجنيفي ج . آ . ديلوك J.A.Deluc ، وذلك في كتابه « بحوث حول تغيرات الفضاء » ، هـذا السلم يحمل خطأ اسم العالم الطبيعي الفـرنسي ريومـور Réaumur ، الذي تـولى ترقيم تـرمومتـراته انطلاقاً من نقطة ثابتة وحيدة هي صفر درجة (تعادل تجمد الماء) بعد دراسـة مسبقة لتمـدد السـائـل الترمومتري ، وتعيير دقيق للأنبوب .

واخيراً ادخل السلم الترمومتري المئوي الكلاسيكي (صفر درجة و°100 وذلك لنقطتي جمود الماء وغليانه في ظل الظروف العادية)، سنة 1743 من قبل الليـوني ج . ب . كريستين J.P. Christin . وهذا السلم ، المحدد اليوم بشكل دقيق انطلاقاً من السـلم الدولي المطلق ، يحمل اسم العالم الفيزيائي السويدي آ . سلسيوس A. Celsius ، الذي استعمله ـ بشكل معكوس ـ انطلاقاً من مطلع 1744 .

وكان استعمال الترمومترات لغايات ارصادية جوية (ميتيرولوجي) هو في اساس قسم مهم من التحسينات التي ادخلت على صناعة التـرمومتـرات . وهذا الاستعمـال ادى ايضاً الى وضـع معدات خاصة مثل الترمومتر ذي الحد الأقصى وذي الحد الأدنى (ش . كافنديش Ch. Cavendish 1757 : أدوات منفصلة ؛ ج . سيكس J. Six ، 1782 : الة وحيدة ؛ د . روذر فورد Rutherford 1790 : الة وحيدة)؛ كما ادى استعمال الترمومترات ايضاً الى صنع الميزان الحراري المسجل (آ . كيث A. Keith 1795;) الخ . والعديد من البيرومترات التي صنعت بخلال هذا القرن (ب . فان موشنبروك P. Van Musschenbroek 1740, ، ج . اليكوت J. Ellicott 1736, ، ج . سميتون J. Smeaton 1754, ؛

(1) إن نقطة تجمد الماء ، التي اعتمدت كنقطة وسط من قبل الفيزيائين في أكاديمية سيمنتو Cimento ، كـان قد اقـترحها كنقـطة ثابتـة هـوك Hooke (1665) ، وهـويجن (1665) ، ودالـونـي Dalancé (1688) ورينـالديني Renaldini (1693) ، ونيـوتن (1701) الخ . ولكن وجـود ظاهـرة الذوبـان الفوقي بـرر بعض التحفـظات بهذا الشـأن . إن نقطة غليـان الماء ، وقـد اقترحت كنقـطة ثابتـة أيضاً من قبـل هويجن Huygens (1665) ، ورينـالديني (1693) ، وامنتـون Amontonus (1702) ، الخ ، لم تكن أميـز من بعض النقط الثابتة الأخـرى المستخدمـة في تلك الحقبة ، إلا إذا كـانت نقاوة السـائل وثبـوت الضغط مفروضيـن بشكل الزامي . ولكن هذا لم يحصل فيما خص ترمومتر رينالديني الذي كان الأول في إستخدام كلتي الحرارتين ، لتغير حالة الماء كنقطتين ثابتتين .

لافوازيه Lavoisier ولابلاس Laplace 1781 ؛ ج. رامسدين J. Ramsden 1785) كل هؤلاء كان هدفهم في الواقع دراسة التمدد الحراري للمعادن ، وذلك من اجل تطبيقها في صنع الساعات والموازين الرصدية [1] . اما البيرومتر الحقيقي الوحيد فقد تصوره ج. ودغود J. Wedgwood سنة 1782 من اجل تحديد حرارة افران الفخاريات ؛ وهو مبني على تمدد مكعبات صغيرة من الصلصال.

وقد كشف انجاز ترمومترات من انواع متنوعة، وطول المناقشات ، حول اختيار الظاهرة الفيزيائية المختارة، وحول تحديد السلم وترقيمه (نقطة ثابتة وحيدة او نقطتان ثابتتان. . . .) عن الطبيعة الاتفاقية (الاصطلاحية) لكل محاولة من اجل تحديد درجة الحرارة انطلاقاً من ظاهرة فيزيائية محددة ومعينة ، ولكن الدراسات المقارنة وحدها ، الاكثر دقة ، والتي وقعت في النصف الاول من القرن 19 هي التي اتاحت اقرار هذه الواقعة بوضوح، مؤدية الى تحديد السلم الحراري الديناميكي (ترموديناميك) المطلق .

الا ان بعض التجارب الحاصلة ، منذ بداية القرن 18، رغم مجيئها قبل وقتها، فهي التي فتحت المجال.

تحديد الترمومتر الغازي وبدايات مفهوم الحرارة المطلقة ـ فيما بين 1702 — 1703 اعتمد ج. آمونتون G.Amontons كمتغير ترموتري ضغط كتلة من الهواء محفوظة تحت حجم ثابت ، يصحح حجمها تبعاً لتحركات الضغط الجوي. وأشار آمونتون انطلاقاً من النتائج التجريبية الى التبعية الخطية الطولية ، في هذا المتغير، بالنسبة الى درجة الحرارة، واعاد الثقة بميزان الحرارة الهوائي ، بشكل اكثر ارضاء ، والذي عرف نجاحاً كبيراً ابتداءً من القرن 19.

وكان هدف آمونتون الرئيسي تسهيل المقارنة بين القياسات المجراة في اماكن متنوعة، وفي اوقات متنوعة، بحيث يتاح القيام، فوق كل الكرة الارضية، باستقصاء واسع ارصادي يمتد خلال حقبة طويلة. واستبق آمونتون، بحوالي قرن ونصف قرن مفهوم الغاز الكامل، فعرف الحرارة بانها مقدار قابل للقياس، وليس فقط مقداراً يمكن تتبعه، ممهداً امام فكرة درجة الحرارة المطلقة .

وكانت القيم التي اعتمدها آمونتون للتدليل على درجات الحرارة في تجمد وغليان الماء 51،1/2 و73 (بالبوصة الزئبقية) قد اتاحت تحديد « صفرها المطلق » (وهو تعبير قال به لامبير Lambert) وهي تمثل درجة حرارة يكون فيها ضغط الهواء لاغياً ، وسماه « البرد الاقصى في هذا الترمومتر: -239^{0} مئوية .

ورجع ج. هـ. لامبير J.H.Lambert الى نفس التحليل العقلي انطلاقاً من قياسات اكثر دقة ،

---

(1) إن حلقة غرافساند Gravesande الشهيرة قد ابتكرت لإثبات أن القطر الخارجي يزداد بنفس نسبة ازدياد القطر الداخلي عندما تتمدد الحلقة أو الأنبوب . وكان مخترع هذه الحلقة هو و. ج. غرافساند(1688 - 1742) ، أستاذاً في جامعة ليد ، وكان مذيعاً وداعيه ناشطة للفيزياء التجريبية .

فحصل في كتابه « بيرومتري » (1779) على 270,3 ـ درجة مئوية ، وهو عدد قريب جـداً من القيمة المعتمدة حالياً وهي 273,2− درجة مئوية . ولتحسين الدقة كان من الـواجب الحصول عـلى معرفـة أفضل بالخصائص الحرارية للغازات ، الأمر الذي يقتضي بصورة مسبقة التثبت من مثل هذه الأجسام غير الهواء ، وهو المثل الوحيد المعروف تماماً في زمن امونتون .

دراسة الخصائص التمددية في الغازات ـ ادى النهوض السريع ، بالكيمياء المفرغة للهواء ، وبصورة فعلية خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر الى دراسة مجمل الخصائص الفيزيائية للغازات ، وبصورة خاصة دراسة العلاقات بين الحجم والضغط ودرجة الحرارة في كتلة معينة من الغاز .

وإذا كان قانون تساوي درجة الحرارة الذي وضعه بويل Boyle وماريوت Mariotte قد اثبت عن اهميته وكفايته ـ مع الأخذ في الاعتبار ضعف الدقة المطلوبة ، والحدود التضييقية لفرجات التطبيق ـ وهذا الى ان حصلت التجارب الكبرى على يد رينولت Regnault في القرن التاسع عشر ، فإن قياسات الثقل النوعي ، والنتائج المتعلقة بتمدد الغازات ذات الضغط الثابت ، او تغير ضغطها في حالة الحجم الثابت ، كل ذلك بدا مختلفاً تماماً .

واتاحت القياسات الاكثر دقة ، التي اجريت بقصد ابعاد الاسباب الرئيسية للغلط ـ وبصورة خاصة رطوبة الغازات المدروسة ـ اتاحت لشارل Charles ان يقرر قبيل 1790 ان تزايد الضغط على مختلف الغازات ذات الحجم الثابت يتناسب مع ارتفاع درجة حرارتها ويتناسب مع حجمها (كما قال بذلك امونتون من قبل)، ولكن هذا التزايد لا يتعلق بطبيعة هذه الغازات . ولما كانت هذه النتائج قد بقيت من غيرنشر، فقد توجب انتظار سنة 1802 حتى يقوم غاي ـ لوساك Gay-Lussac بمراجعة الدراسة التجريبية ، بشكل اكثر وضوحاً ، فعرف بهذا القانون ، وبذات الوقت عرف بالقانون المرتبط به والمتعلق بالتمدد في حال الضغط الثابت . وعرف النصف الاول من القرن التاسع عشر توسعاً ضخماً في البحث حول الخصائص الفيزيائية للغازات والابخرة : هذا التطور ، المشروط جزئياً بالتطبيقات العملية ، ادى الى اكتشاف القانونين الاولين في الترموديناميك ، كما ادى ، في سنة 1848 الى ادخال السلم الترموديناميكي المطلق على يد لورد كلفن Lord Kelvin . وكان هذا السلم المؤسس على خصائص « الغازات الكاملة » قد ازال الصعوبات الاخيرة التصورية المتعلقة بمفهوم درجة الحرارة . ولكن ، ومنذ القرن الثامن عشر اتاحت الانجازات المحددة المحققة في مجال الترمومتريا ، بآنٍ واحد توسيع التطبيقات لتشمل الكيمياء والارصاد الجوية ثم عن طريق الفصل بين مفاهيم الحرارة وكمية الحرارة ، الوصول الى ارساء القواعد الاساسية في علم الكالوريمتريا (او قياس درجات الحرارة)، وهي تقنية ضرورية لقيام علم الترموديناميك .

II ـ نظريات الحرارة (السخونة)

بخلال القرن السابع عشر ، ورغم ان مفهوم الحرارة او السخونة لم يتوضح بشكل كامل . فقد كانت هناك نوعيتان من النظريات تتصارعان في موضوعها .

وكان التلامذة البعيدون الذريون اليونان ، وغاسندي Gassendi بشكل خاص ، يقبلون بجسمية النار ، اذ يعتبرونها مكونة من جزيئات متناهية اللطف وخفيفة ، مزودة بحركية ضخمة تخترق المادة العادية ، في مختلف حالاتها ، وتفعل بمجرد حضورها فقط . اما اتباع المذهب الميكانيكي ، فالسخونة عندهم تنتج عن الحركة وليس عن الفعل المباشر ، اما للجزيئات المكونة للمادة كما تقول النظرية الاولى الحركية للغازات والتي وضعها دانيال برنولي سنة 1727 وهي نظرية تقول بان تصادم هذه الجسيمات يؤمّن لها الاحتفاظ بطاقتها الحركية ـ واما ان الحرارة او السخونة تنتج عن حركة جزيئات متناهية الصغر وشبيهة بالجزيئات التي استعان بها الذريون ، كما هو الحال في تصورات فرنسيس باكون Bacon Francis وديكارت Descartes وهوك de Hooke وماريوت Mariotte واموتون Amontons .

مِنْ « مادة النار » الى السُعرية (Calorique) ـ نظراً لعدم وجود برهان تجريبي حاسم. اصبح الاختيار بين نمطي النظريات صعب التبرير. وقد اعتمد بويل Boyle ـ معتقداً انه يأخذ الى اوسع مدى بالوقائع المرصودة ـ نظرية مختلطة ، مدخلاً بآنٍ واحد الجسمانية ـ لكي يفسر الزيادة المفترضة في وزن المعادن المتكلسة في اناءٍ مقفل ـ ووجهة النظر الحركية لكي يفسر انتاج الحرارة بالحك . حتى نيوتن نفسه اعتمد بحسب الحالات مواقف متفرقة مختلفة نوعاً ما . والواقع ، وحتى القرن 19، ان المفاهيم الشائعة سوف تكون المفاهيم التي تندمج بالشكل الاكثر ارضاءً في نظرية فيزيائية اوكيميائية عامة . فالتأويل المضلل لتجربة « تكلس » المعادن بالاناء المقفل ، وازدهار نظرية السائل الناري Phlogistique، ثم التوضيح التدريجي لحفظ كمية السخونة كاملةً في التبادل السعري الخالص ، كانت بالنسبة الى الكيميائيين ، في القرن 18، حججاً حاسمة لصالح نظرية جسمانية حول السخونة. ولكن، كما هو الحال بالنسبة الى السائل الناري Phlogistique عملت الاكتشافات المتتالية ، التي قام بها الكيميائيون بخلال النصف الثاني من القرن 18، بصورة مستمرة ، على تغيير الطبيعة والخصائص المعزوة الى هذه المادة النارية ؛ انها مادة قابلة للوزن ، مكونة من ذرات لطيفة ولكنها وازنة؛ وقد اعتبرها كيميائيو مطلع القرن (هومبرغ Homberg، ليمري Lémery، بورهاف Boerhaave) الخ بمرتبة السائل الذي لا يتقبل التحطيم وغير مادية، انه « السُعْرُ » في نظر لافوازيه Lavoisier وتلامذته[1] بعد ان عرف المصائر الاكثر تنوعاً والاكثر تناقضاً ، بخلال الفترة الحرجة سنوات 1760 – 1780 . وقد عمل اعتبار « قياس السعرية » (كالورمترية) كجسم عقيدة بسيطة ومتماسكة على تثبيت هذه النظرية وأمّن استمراريتها ، الى ان توفرت في منتصف القرن 19 الحجج الدامغة لصالح النظرية الحركية .

---

(1) انظر فصل نشأة الكيمياء الحديثة.أن كلمة سعرية Calorique أدخلها لافوازيه في كتاب « الطريقة التصنيفية الكيميائية » الذي نشره سنة 1788 غريتون دي مورفو Gruyton De Morveau ولافوازيه وبرتولي وفوركرو Fourcroy ، برز هذا « السعر » على رأس العناصر البسيطة .

رومفورد Rumford ـ انتاج السخونة بواسطة الحك ، و« حفظ الطاقة » ـ لم تكن هذه النظرية الاخيرة قد نسيت تماماً . وفي حوالي سنة 1780 ظل علماء امثال لابلاس وماكر Macquer انصاراً لها ، مدفوعين بآنٍ واحدٍ ، بنوع من الاحترام للتراث النيوتني، ويامل استطاعة مد مبدأ حفظ الطاقة ليشمل ميدان الحرارة ، هذا المبدأ المتحقق في اطار الميكانيك الضيق . وقد اشار باكون Bacon الى انتاج السخونة عن طريق الحك ، وكذلك بويل، تأييداً للنظرية الميكانيكية . وبعد تجارب دنيس بابان Denis Papin اثبت بناء « المضخات النارية » الاولى ان السخونة تعمل على تبخير الماء ، وبالتالي ، على احداث قوى ضخمة .

وفي سنة 1798 ، تدخل بنجامين طومسون Benjamin Thompson ،كونت دي رومفورد Rumford (1753 – 1814) بضجة كبرى ، عندما استعمل النظرية الميكانيكية ، لكي يشرح الانتاج المهم للسخونة الملحوظ اثناء حفر انابيب المدافع .

وفي حين كان انصار «السعرية» يحاولون تفسير هذه الظاهرة عن طريق تغيير القدرة السعرية للاجسام المحكومة ، ثم تصاعد مقترن لسخونتها الكامنة ، استنتج رومفورد، مستنداً على تجارب دقيقة ومقنعة جداً بان امكانية انتاج كمية من الحرارة غير محددة عن طريق الحك ، لا يمكن ان تفسر الا في اطار النظرية الميكانيكية ، عن طريق تحويل الطاقة الميكانيكية الى سخونة . هذا الموقف كان يتعارض مع التفسير الحصري المعتمد من قبل العلماء العديدين الذين يرون ان مبادىء حفظ الطاقة واستحالة الحركة الدائمة ، المقررين في مجال الميكانيك، يجب ان لا تمتد الى ابعد من هذا الاطار الضيق . ان ثقل التراث ، مضافاً الى سيطرة نظرية « السعرية » كان من القوة بحيث انه ، باستثناء الكيميائي داڤي Davy لم تقبل افكار رومفورد الا بتحفظ وان تأثيرها الحقيقي لم يتطور الا في السنوات 1820 .

مسألة الحرارة المشعة ـ في هذه الاثناء تكونت حجة اخرى ضد نظرية «السعرية» بذات الوقت : ان الامر يتعلق بالفهم التدريجي للتشابه بين الحرارة المشعة والضوء . لقد اجري العديد من التجارب بهذا الموضوع منذ القرن 17، ولكن اهمية معدل امتصاص الاشعة السعرية من قبل عدسات الزجاج غطت هذا التشابه في نظر العديد من المجربين . والفكرة التي اطلقها نيوتن ـ عن وجود نوعين من الانتشار مختلفين : عن طريق الانبثاق بالنسبة الى الضوء ، ثم عن طريق التموج بالنسبة الى السخونة المشعة ـ ساهمت في تعقيد هذا الوضع . في هذه الاثناء ، وفي اواخر القرن 18، عملت الارصاد التي اجراها بعض العلماء ، ومنهم بوفون Buffon وشيلي Scheeli، ولامبير Lambert، وسوسور Saussure وبيكته Pictet، على رؤية تماهي الطبيعة بين الضوء والحرارة المشعة . هذه الواقعة التي أحسَّ بها سنة 1791 ب. بريفو P. Prévost، الذي حدد المفهوم المهم للتوازن المتحرك ، وج. هوتون (1794!) J. Hutton، قد ثبتت اخيراً في السنوات الاولى من القرن التاسع عشر . وشكلت هذه الواقعة فيها بعد حجة ذات وزن ، لصالح النظرية الميكانيكية التي سوف نشير في مختلف فصول المجلد اللاحق ، الى نجاحها نجاحاً يعزى الى وضع قوانين اساسية في مجال الترموديناميك، والى فهم

اكثر وضوحاً للصفة الكونية الشاملة لمفهوم الطاقة .

ولكن الى جانب هذه المناقشات المشحونة حول تفسير « طبيعة النار » . عرف النصف الثاني من القرن 18 تحقيق خطوة ضخمة الى الامام في دراسة الظاهرات السعرية ، بفضل توضيح مفهوم كمية السخونة ، والمفاهيم المشتقة من السخونة الكامنة ، والسخونة الذاتية ، الخ وهي مفاهيم اتاحت وضع اساسات علم السعرية « كالورمترية » .

فكرة كمية السخونة وبدايات قياس السُعْرِية (كالورمترية) : جوزيف بلاك Joseph Black ، لافوازيه Lavoisier ولابلاس Laplace ـ ان مفهوم كمية السخونة لم يكن ليتوضح كمفهوم او فكرة الا بعد ان توضحت فكرة درجة الحرارة بشكل مستقر. كما انه لا يمكن ان يرى في هذه الفكرة الا تسبيق اول لفكرة « القوة القائمة للسخونة » في الجسم ، الا في اواخر القرن الخامس عشر ، عندما قام ج . مارلياني G. Marliani يعرفها بانها حاصل ضرب درجة حرارته بحجمه وبثقله النوعي . وقام فيزيائيو « اكاديمية سيمنتو » بخطوة اولى في اقامة فكرة السخونة الذاتية النوعية عندما لاحظوا ان كميات متساوية من مختلف السوائل ، المحمولة بصورة مسبقة الى نفس درجة الحرارة ، اذا وضعت فوق الجليد تذيب منه كميات متفاوتة . ولاحظ فهرنهايت Fahrenheit وبورهاف Boerhaave بدورهما نفس الملاحظات المماثلة ، ولكن الفيزيائي والكيميائي الاسكتلندي جوزف بلاك ، (1728-1799) هو الذي أوضح حوالي 1760 ، هذا المفهوم « القدرة على السخونة » (إن عبارة « سخونة نوعية » ادخلها ماجلان Magellan سنة 1780) عندما قدم أسلوباً واضحاً لقياسها .

كما ان مفهوم السخونة الكامنة في تغيير الحال ، هو ايضاً قد توضح ، من قبل بلاك الذي اثبت ان تسييل كمية من الجليد بدون رفع حرارتها ، يقتضي الاستعانة بمصدر مهم من السخونة الخارجية .

وكان من القائلين بنظرية مادية النار ، فقال بان هذا السائل غير القابل للوزن يمكنه ، عندما يفعل فعله في جسم ما ، ان يغير في درجة حرارته ، او عند اللزوم ، ان يحدث تغييراً في حالته الفيزيائية ، وبهذا ينتج الماء عن مزيج من هذه المادة بالجليد . وبعد مقارنة مختلف مفاعيل هذه المادة النارية ، بخلال عدة سنوات ، من 1757 الى 1762 ، تصور المفاهيم الحديثة لكمية السخونة ، والقدرة السُعْرية ، والسخونة الجرمية (السخونة النوعية) ، وللسخونة الكامنة في تغير الحال (الانتقال من حالة السيولة الى حالة الجمودية او الحالة الغازية والتغييرات المعاكسة) واسس الكالورمترية (او علم قياس سعرات الحرارة) ، حينما حقق بواسطة طريقة الخلائط التحديدات الاولى الفعلية لهذه المقادير (بمثل الماء بالنسبة الى السخونات الكامنة) . وبعد ان كان بلاك سنة 1764 قد تولى ، بشكل اكثر وضوحاً ، وبمساعدة تلميذه ايرفين Irvine ، تحديد الحرارة الكامنة من تبخر الماء ، كرر واط هذا القياس ، في اطار بحوثه حول الآلة البخارية . وهكذا ، وبخلال عدة سنوات ، توضح مفهوم كمية السخونة ، بعد تطبيقه على عدة ظاهرات فيزيائية ، وعلى استكمال الآلة البخارية .

وارتكزت طريقة الخلائط التي استعملها بلاك في تجاربه السعرية على صيغة بدائية تعطي درجة

حرارة التوازن θ في جملة من الاجسام ذات القدرات السعرية وذات درجات الحرارة الاساسية المتتالية : $t_1, t_2, \ldots, t_n$ و $C_1, C_2 \ldots C_n$

$$\theta = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \ldots + C_n t_n}{C_1 + C_2 + \ldots + C_n}.$$

ان درجة حرارة التوازن θ ، استشعرت بشكل غامض من قبل ج. ب. موران J.B.Morin (استرولوجيا غاليكا ، 1661)، بسبب قصور في الفهم الواضح للمفاهيم العاملة ، قد قربت من الاذهان ، بشكل اكثر وضوحاً ، بفضل الاعمال المحققة في سان بطرسبرج على يد ج. و. كرافت G.W.Krafft (1744) و و. ريشمان W.Richmann (1747)، وبفضل اعمال الفيزيائي السويدي ج. ك ويلكي J.C.Wilcke (1772) الذي كان منافساً لبلاك، فحقق قياسات لسخونات تغيير الحالة والسخونات النوعية ، واخيراً بفضل اعمال الفنلندي ج، غادولين J.Gadolin. هذه الاعمال بدت في معظمها مستقلة عن اعمال بلاك . كما ان الاعلان عن نتائجها ـ وبخاصة نتائج اعمال ويلكي ـ اكمل ، الى حد ما ، النقص البالغ في نشر نتائج الاعمال الأكثر اتساعاً والاكثر عمومية التي حصل عليها الفيزيائي الاسكتلندي (بلاك) .

وبهذا الشأن، اذا كانت اعمال بلاك قد وجدت تطبيقاً لها شبه مباشر، في احد ابرز اختراعات واط Watt، وهو المكثف المنفصل ، فهي بالمقابل لم تنتشر الا ببطء شديد. فقد ظلت لفترة طويلة غير معروفة الا بشكل غير مباشر عبر الدروس والمحاضرات التي القاها مؤلفها في غلاسكو Glasgow وادنبره Edimbourg ، وعبر الاشارات الموضحة بدرجات متفاوتة ، على يد الفيزيائيين الآخرين ، وبعد موت بلاك فقط نشرت سنة 1803، من قبل ج. روبيسون J. Robison « محاضراته حول عناصر الكيمياء » والتي تضمنت جوهر ما قدمه في مجال دراسة الظاهرات الحرارية .

من الصعب تقييم الحد الذي عرفت فيه انجازات وافكار بلاك الجديدة من قبل العلماء الفرنسيين في سنة 1782، وهي السنة التي باشر فيها لابلاس ولافوازيه سلسلة قياساتها السُعْرية ، المحققة بواسطة ميزان للسعريات جليدي متقن الصنع

ورغم ان تقريرهما عن اعمالها ، وهو « مذكرة حول السخونة » الشهير، والمنشور سنة 1784، يكشف عن اختلاف جذري فيها يتعلق بطبيعة الحرارة ـ باعتبار ان لابلاس اعتمد الفرضية الميكانيكية ، في حين اعتمد لافوازيه الفرضية السُعرية ـ فقد حقق العالمان ، بفضل تعاونهما الوثيق ، برنامجاً ممتازاً من القياسات. فقد تناول هذا البرنامج كل المظاهر الرئيسية للعمل السعري: السخونات النوعية في الجوامد، والسوائل وايضاً في الغازات ، سخونات تغير الحالة ، ولكن ايضاً سخونات الذوبان ، وسخونات التفاعل،السخونة الناتجة عن التنفس الخ . وهكذا فانهما لم يكتفيا فقط بمتابعة عمل بلاك ، وذلك بتوضيح المفاهيم المتنوعة التي ادخلها هذا الاخير، عندما استكمل تقنيات الكالورمترية، بل انهما ايضاً ، ارسيا اسس الحرارية الكيميائية (ترموكيميا) واكتشفا اصل السخونة

الحيوانية . والبحوث التي قاما بها معاً ؛ حول هذه النقطة الاخيرة، وكذلك البحوث المتأخرة التي قام بها لافوازيه مع تلميذه سيغين Seguin، حول التنفس والعرق، تشكل مرحلة مهمة في تطور الطرق الكمية ، في مجال الفيزيولوجيا الحيوانية[1]. وبعد بلاك ولابلاس ولافوازيه اصبحت « الكالورمتريا » مولودة . لقد قدمت الى الفيزيائيين ، في القرن 19، التقنية التجريبية اللازمة لتأسيس علم الترموديناميك (الحرارة المتحركة)

التوصيلية الحرارية ـ كذلك في أواخر القرن الثامن عشر. أخذت ظاهرة انتقال السخونة من جسم الى آخر تتوضح بفضل التجارب الاولى التي تسمح بتمييز الاتصالية الحرارية . وبالفعل اذا كان التمييز بين الاجسام الموصلة جيداً للحرارة ، مثل المعادن ، والاجسام الموصلة الرديئة ، مثل الخشب، قديماً جداً، فانه ليس الا في سنة 1789 قد حصل ان قام الفيزيائي الهولندي انجنهوس Ingenhousz لهذه الغاية بانجاز جهاز تجريبي بسيط جداً ـ اشتغل عليه بعد عدة سنوات ، رومفورد Rumford ـ من أجل مقارنة التوصيلية الحرارية في مختلف الأجسام الجامدة .

فقد اثبتت قضبان من ذات الحجم من هذه الاجسام ، حول اناء معدني، بعد ان تكون قد غطيت بطبقة خفيفة من جسم سريع الذوبان ، مثل الشمع . فاذا سكب الماء الحار في هذا الاناء، فان ذوبان الشمع الموضوع على مختلف القضبان ينتشر بشكل غير متساوٍ ، وعندها يمكن تمييز التوصيلية الحرارية ، في كل قضيب ، بطول طبقة الشمع الذائب في ظروف معينة .

ان الدراسة النظرية لمسألة الايصال الحراري سوف تدرس بنجاح بخلال السنوات الاولى من القرن التاسع عشر من قبل فوريه Fourier وسوف تسجل احدى النجاحات الاولى للفيزياء الرياضية .

بدايات الآلة البخارية ـ رغم ان تطور التقنيات هو خارج دراستنا، يتوجب التذكير بان الآلة البخارية قد اخترعت في اواخر القرن السابع عشر . وقد عرفت تطبيقاتها الاولى واستكمالاتها الاولى بخلال القرن الثامن عشر. والمراحل المتتالية ، من هذا الفصل الممتع في تاريخ التقنيات قد وصف وحلل في المجلدين 2 و3 من التاريخ العام للتقنيات ، ولذا فاننا نكتفي هنا ببعض التذكير الموجز جداً .

لقد طبق هيرون Héron على بعض الآلات العجيبة قوة انتشار بخار الماء هذه القوة التي ادخلت ايضاً في بعض المشاريع النظرية الخالصة المنجزة بخلال القرن السابع عشر ، وبخاصة من قبل ج. ب. دلابورتا G.B.della Porta، وسالومون كوس Salomon de Caus وج. برانكا G.Branca، وكذلك ادخلت في محاولات ربما كانت اكثر فعالية ، قام بها حوالي 1640 المركيز دي ورسستر Worcester.

---

(1) انظر بهذا الشأن موضوع التنفس في الفصل الثاني في الكتاب الثالث من هذا القسم .

اما توضيح الضغط الجوي، والتجارب على آلة البارود التي قام بها هويغن مستبقاً اعمال دنيس بابان Denis Papin الذي ـ بعد ان اخترع الهاضمة Digesteur : اي طنجرته الشهيرة (1681) التي هي النموذج الاول لضاغطاتنا الحديثة ـ حقق من خلال صعوبات من كل نوع عدة نماذج متتالية من الآلات المحركة المستخدمة لبخار الماء (1687 و1707) ولكن على الصعيد العملي، كان بابان مسبوقاً بالانكليزي توماس سافيري Thomas Savery الذي ـ في سنة 1698 ـ اودع براءة آلة سميت بـالآلة الجوية . ولكن آلة سافيري سرعان ما تخلفت وراء آلة نيوكومن Newcomen ـ القائمة على استخدام نظام السيلندر ـ بيستون (اسطوانة ـ دفّاعة) ـ والتي شاع استعمالها كثيراً بخلال القرن الثامن عشر . اما الاستكمالات اللاحقة ، والاكثر اهمية فقد قام بها جامس واط James Watt الذي سبق واشرنا الى اكتشافه للمكثف المنفصل، وهو اول مثل، في هذا المجال، لهذه التداخلات بين البحث الخالص والبحث التطبيقي تداخلات بدت مجزية وخصبة في القرن التاسع عشر.

وفي القرن التاسع عشر ـ كما سنرى في المجلد اللاحق ـ فقط اتاح توضيح مبادىء الترموديناميك (الحرارية ـ الحركية) فهم المبادىء الحقة لعمل الالات الحرارية .

ان الجهد البطيء ، المبذول في مجال التجريب العملي وفي التفكير العلومي (الابيستيمولوجي) ، ـ والذي قام به فيزيائيو القرن 17 والقرن 18، قد جرَّ ، بخلال هذه الحقبة ، علم السخونة من المجال الكيفي الموروث عن العصور القديمة الى مجال علم كمي ، معد ومهيأ للقيام بثورة حقة على الصعيد النظري ، وللاتصال الوثيق والخصب بالعلم التطبيقي .

الفصل الرابع :

الكهرباء والمغناطيسية في القرن الثامن عشر

تمت بخلال القرن السابع عشر ثورة علمية . وقد اكتملت تقريباً في فجر القرن اللاحق . وفي الفيزياء طوَّرَ غاليليه Galilée وباسكال Pascal وديكارت Descartes ـ عندما استخدم الرياضيات ـ وهويجن Huygens وبخاصة نيوتن Newton، طرق التقصي والتحليل التي سوف يعتمدها العلم الحديث.

ان كتاب نيوتن حول « النظرية الجديدة في الضوء والالوان »، هو نموذج تحليل تجريبي واستقراء نظري، هو من سنة 1672؛ وصدرت أول طبعة من كتاب المبادىء وهو نموذج تركيبي فيزيائي رياضي سنة 1687. ومن جهة اخرى، وفي مجال الكهرباء ، وجد اوتو غيريك Otto de Guericke حوالي سنة 1660 آلة كهربائية ستاتيه ، وهي احدى هذه الاختراعات الوطنية (احدى الاوليات) التي كثرت مرة واحدة وسائل العمل عند الباحثين في الطبيعة . وقد وصفها سنة 1672 ، بذات الوقت مع التجارب الجديدة التي أتاحت له صنعها .

ومع ذلك فان تقدم معارفنا حول المغناطيسية والكهرباء ظل بطيئاً جداً طيلة حوالي 50 سنة وحوالي نهاية القرن الثامن عشر تقريباً ، ادخلت التدابير الكمية الدقيقة الكهرباء والمغناطيسية في اطار العلم النيوتني.

وكانت الاسباب عديدة : اولاً الاعادة العفوية للتجارب حول الكهرباء الثبوتية (الكتروستاتيك) ثم تعقيدات التفاعلات بين قطع المغناطيس ذات الرأسين لكل قطعة .

وبعدها تضايق فيزيائيو هذه الحقبة ، اثناء فخرهم بانهم رفضوا النظريات الاحيائية ، اثناء توقهم الى ايجاد تفسير للظاهرات ، تضايقوا من الصور الميكانيكية الدقيقة جداً والمبهمة جداً بآنٍ واحد ، الحركات الموائع اللطيفة ، للفضاء ، وللاعاصير ، التي تغشي الوقائع الحقيقية اكثر مما تفسرها . وقد كان الامر كما عبر عنه هوك Hooke قبل سنة 1703 بقوله :

« لقد كانوا يفضلون ذلك (اي ان يبنوا لانفسهم نوعاً من التصور الجميل او الخيال) على الجهد

في البحث المُعمق المبني على التجارب وعلى التلمس والتحليل الدقيق ، وقد اكتفوا بشيء يمكن ان يسليهم .

واخيراً بدت تجارب غيريك، وحتى الته الكهربائية، منسية او مهملة. وكان من الواجب ان تكتشف اكتشافاته من جديد واحدة واحدة بعد 40 سنة . وكان الكهربائيان الوحيدان من النصف الأول من القرن الثامن عشر ، اللذان ما نزال نقرأ مؤلفاتها بأنس وفائدة هما: شارل فرنسوا سيسترني دوفي Charles-Francois Cisternay Dufay وبنجمين فرنكلن Benjamin Franklin . وكانت الظاهرات التي راقباها قد وصفتْ بدقة ، أما المبادىء الناتجة عنها فقد صيغت بجلد ووضوح ، أما دور الصور الميكانيكية فقد كان مقتضياً جداً الى أقصى حد .

فرنسيس هوكسبي Francis Hauksbee - في سنة 1675 اجرى الاباتي جون بيكار Jean Picard ، وهو فلكي في باريس، ملاحظة غريبة فقد نقل ليلاً بارومتراً ولاحظ انه عند كل حركة عنيفة تهز الزئبق، كان بريق ازرق تقريباً يضيء الأنبوب، ولشرح هذه الظاهرة ، اكتفى بخلال 30 سنة بتصور فرضيات مشوشة ، ذات طابع كيميائي عموماً .

وكان فرنسيس هوكسبي (ت . 1713) تلميذاً لبويل Boyle الذي دربه على تقنية الفراغ (استكمالان مهمّان لمضخة غيريك ، يعود الفضل فيهما الاول الى بويل، والثاني وهو المضخة ذات الجسمين، الى تلميذه) . وقد أهلهُ تكوينه ومواهبه كمخترع ، وعبقريته كمجرب لكي يهتم « بالضوء البارومتري ». واجرى دراسة عنه منهجية بين 1705 – 1709، ويمكن القول اليوم ، رغم انه لم يعرف ذلك هو بنفسه ، ان دراساته كانت اولى البحوث حول التفريغ الكهربائي في الغاز المُندر .

وبينّ ان الاحتكاك كان السبب في هذه الظاهرة ، مثلاً احتكاك الزئبق بالزجاج ، ولكي يُشمل تجربته مواد اخرى صنع جهازاً معقداً ، فيه يدور، ضمن فراغ جزئي، دولاب اثبتت فيه قطع من العنبر تحتك بالصوف. ثم أدار أنبوباً من الزجاج مفرغاً من الهواء وأخذ يحكه بيده. ويقول بعض المؤرخين انه بهذا اعاد اختراع الالة الكهربائية التي صنعها غيريك Guericke . وهذا ممكن. ولكن الاسبقية تعود بدون شك الى هذا الاخير.

وبواسطة هذه الآلة اعاد اجراءملاحظات معروفة ، ولكنها منسية ، ووصف - بعد كابو Cabeo وغيريك Guericke - الدفوعات الكهربائية، وراقب البريق « المبتعث » ضمن كرة مفرغة عندما يقرب منها كرة اخرى محكوكة. وكان هذا هو اكتشاف « الحث الكهربائي الثابت »، لو ان هوكسبي قد ادرك العلاقة السببية بين الكهرباء وهذه الومضات ، لولا ان صورة مسبقة عن التدفقات الخارجة من الكرة الاولى والتي تصدم الكرة الثانية، لم تحجب عنه الوقائع الفعلية .

I - غري Gray ودوفي Dufay

وسوف تتسارع وتيرة الاكتشافات في الكهرباء بعد عشرين سنة : اذ سوف يستنتج ستيفن غري (1670 ؟ – 1736) Stephen Gray ، في انكلترا ، وبصورة خاصة شارل فرنسوا دوفي – Charles

Francois Dufay [دوفاي] (1698 – 1739) في فرنسا، من وقائع جديدة كشفتها تجربة اكثر وعياً ، بعض المبادىء العامة التي تتيح وضع نوع من الترتيب في هذا العلم الذي ما يزال يتلعثم، ثم التنبؤ بابعاده المستقبلية الفخمة.

اكتشاف توصيل الكهرباء ـ ان نقطة انطلاق بحوث غوي Gray حول توصيل الكهرباء من بعيد هي ملاحظة عرضية(شباط 1729) وهذه الملاحظة كان غيريك قد سبق اليها منذ 55سنة وبوسائل اقوى، ولكنها نسيت تماماً ، وذلك جزئياً لان واضعها قد اكتفى بالاشارة اليها دون ان يستخرج منها اية خلاصة .

بعدان حككت انبوباً كبيراً من الزجاج المغلق بفلينتين ، ثم امسكت ريشة طائر زغبية من طرفها الاعلى، فلاحظت انها تذهب نحو الفلينة ، مجذوبة مرة ثم مدفوعة من قبل الفلينة كما لو كانت من الانبوب نفسه، تعجبت واستنتجت انه لا بد من ان يكون في السدة قوة جاذبة ، انتقلت اليها من الانبوب المثار ».

واجريت نفس التجربة ، فحصلت نفس النتيجة ، بواسطة كرة من العاج ربطت في بادىء الامر بقضبان من الصنوبر ذات اطوال مختلفة اثبتت في الفلينة ثم اعيدت التجربة بربط كرة العاج بخيوط من معدن او بخيوط صغيرة كان اطولها ، المتدلي عامودياً يبلغ 34 قدماً اي حوالي 10 امتار.

وفي حزيران 1729 وبعد محاولات غير مثمرة ، حاول غيريك، بمعاونة صديقه ج. وهلر G.Wheler ان ينقل افقياً والى البعيد قوة الجذب. فاقترح عليه وهلر ان يعلق الخيط الصغير بخيط من حرير ، ظاناً ان هذا يصلح اكثر نظراً لرفعه . ونجحت التجربة حتى مسافة 293 قدماً. وبعدها انقطع الخيط فاستبدله الفيزيائيان بخيوط رفيعة من الشبهان : فتوقف المفعول الكهربائي عن الانتقال. وفهم الرجلان ان النجاح غير مرتبط برفع الخيوط التعليقية بل بكونها من الحرير. . .

هذا المفعول فسر فشلهما السابق :

« عندما كان الخيط الناقل للقوة الكهربائية مدعوماً بخيوط معدنية ، وعندما كان التيار يصل الى خيوط التعليق ، كان ينتقل عبر هذه الخيوط المعدنية الى الجسور ، فلا يذهب بعيداً في الخيط الذي يجب ان ينقله الى كرة الغاج ».

ورغم ان غري Gray لم يستعمل كلمة موصل او عازل الا انه اكتشف توصيل الكهرباء . واكتشف ان بعض الاجسام لا تملك هذه الصفة. ومع ذلك فانه لم يركز على فكرة السائل الكهربائي التي اشار اليها تحت اسم دفق اي تيار : فقد استخدم بدون تفريق كلمات قدرة كهربائية وكلمة كهربائية وكلمة دفق بمعنى واحد. ولم يضع نظرية : المهم بالنسبة اليه هو وصف الملاحظات باللغة الدارجة وتجدر الاشارة الى انه لم يفكر في ايجاد حاملات او دعامات عازلة غير الحرير .

الكهربة بواسطة التأثير ـ وهناك اكتشاف اخر مهم لـ« غري » هو اكتشاف الشحنة الحاثة او الكهربة بالتأثير.

ان القطعة من الرصاص المعلقة في السقف بواسطة خيط « عندما يكون هناك انبوب من زجاج محكوك، فيقرَّبُ من الخيط (من اسفله) دون مسه ، فتجذب قطعة الرصاص ثم تدفع حتاتة الشبهان ، وهكذا يمكن ان تنقل « الطاقة » الكهربائية دون مساس او تماس، من الانبوب الى خيط الاتصال».

وبعد عدة سنوات طور دوفي Dufay هذه التجارب. ونشر نتائجها سنة 1733. وكانت هذه المذكرة وتالياتها عظيمة بآنٍ واحدٍ بوضوح الرؤية ولان مؤلفها كان الاول الذي ذكر اعمال سابقيه، وبخاصة اوتودي غيريك Otto de Guericke الذي اخرجه من النسيان .

وبعد ان تثبت من ان « كل الاجسام لا يمكن ان تصبح كهربائية بذاتها (عن طريق الحك)، بينّ انها جميعها تكتسب خاصية « الكهربة » الضخمة بتقريب الانبوب (الزجاج المحكوك) ، والخشب، والمعادن، والمشروبات » شرط ان تعزل مسبقاً بوضعها فوق منضدة زجاجية او فوق شمع اسبانيا ».

ورغم ان دوفي هو قبل كل شيء ، مثل غري، مجرب، رغم انه يتجنب عموماً البحوث النظرية ويعرف الكهرباء ببساطة على انها « خاصية تقوم على اجتذاب الاجسام الخفيفة » ، فقد حاول اكثر من سابقه ان يستنتج من ملاحظاته مبادىء عامة .

وانهى مذكرته الثالثة سنة 1733 فكتب : « يكفينا الآن ، ان عرفنا وقررنا بان الاجسام الاقل قابلية لان تصبح كهربائية بذاتها ، هي الاجسام الاكثر طواعية للجذب، والتي تنقل الى البعيد وبشكل اقوى مادة الكهرباء ، في حين ان الاجسام الاكثر استعداداً لان تصبح كهربائية بذاتها فهي الاقل قابلية من الكل لاكتساب كهربائية خارجية ونقلها الى بعدٍ ضخم » .

وانها لاول مرة يرتبط فيها التمييز الذي اجراه جيلبرت Gilbert بين « كهربائي بذاته » و« غير كهربائي» بنظام من الايصاليات المتزايدة. يلاحظ ايضاً التعبير : «تنقل . . . المادة الكهربائية »، انها صورة اوحت بها ، كما لدى غري Gray، التجربة بالذات .

اكتشاف النوعين من الكهرباء ـ ان تاريخ اكتشاف دوفي « الكهربتين » مفيد للغاية . فهو بفكره المنطقي استخلص من مناقشة كل التجارب المعروفة فرضية عمل :

« تخيلت ان الجسم الكهربائي ربما يجذب كل الاجسام التي ليست مثله ويُبعد كل الاجسام التي اصبحت كهربائية بقربه وبتوصيل قدرة هذا الجسم ». ولكن عندئذ: « ان الشيء الذي اذهلني جداً هو التجربة التالية : « بعد ان رفعت ورقة ذهبية في الهواء بواسطة الانبوب (زجاج مكهرب ابعدها بعد الجذب وجعلها تسبح في الهواء ») قربت منها قطعة من صمغ الكوبال محكوكة بحيث جعلت مكهربة ، عندها التصقت بها الورقة الذهبية في الحال. . . واعترف اني كنت اتوقع نتيجة معاكسة ، اذ، بحسب تحليلي، ان الكوبال الذي كان مكهرباً، كان يجب ان يدفع الورقة التي كانت مكهربة ايضاً . وحصلت نفس النتيجة مع العنبر والشمع الاسباني .

ولكن فيما بعد « قربت من الورقة المطرودة من قبل الانبوب كرة من الكريستال الصخري المحكوك والمجعول مكهرباً : فدفعت الكرة هذه الورقة وكذلك الانبوب. . . واخيراً لم يعد بامكاني ان اشك ان الزجاج والكريستال الصخري ، لا يتصرفان بعكس الصمغ الكوبالي، او العنبر او الشمع الاسباني، بحيث ان الورقة المرفوضة، من قبل الاولى بفعل الكهرباء الموجودة في الورقة ، اصبحت مجذوبة بالاخريات . وهذا حملني على الاعتقاد بوجود نوعين من الكهرباء مختلفين » . . . .

وبعد تجارب متعددة من الرقابة استنتج دوفي :

« واذنْ فهناك دوماً كهربتان من طبيعة مختلفة جداً : كهربة الاجسام الشفافة والجوامد مثل الزجاج والكريستال الخ . . وكهربة الاجسام الصمغية والقارية مثل الصمغ الكوبالي والعنبر والشمع الاسباني، الخ . وهذه الاجسام وتلك ترفض الاجسام التي تلقت كهربة من ذات طبيعة كهربتها، وهي تجتذب بالعكس الاجسام ذات الكهربة المختلفة الطبيعة عن كهربتها. . ان الاجسام التي ليست حالياً كهربية يمكنها ان تكتسب (ان كانت معزولة) كلاً من هاتين الكهربتين، وعندها تبدو مفاعيلها مشابهة لمفاعيل الاجسام التي اعطتها هذه الكهربة. . . فهناك اذنْ كهربتان مبينتان. . . اسم الاولى الكهربة الصمغية، والثانية الكهربة الزجاجية » .

وبعد ان رفض احتمالية وجود صنف ثالث من الكهرباء، استنتج دوفي هذا الحكم (الرابع) : « ماذا يمكننا ان لا نتوقع من حقل بمثل هذا الاتساع ، ينفتح امام الفيزياء . وكم هي [كثيرة] التجارب الفريدة التي قد تكشف الخصائص الجديدة للمادة ؟ » (تاريخ الأكاديمية الملكية للعلوم ، 1733) .

والمقتطفات السابقة تدل الى اي حد من الدقة طبق دوفي الطريقة العلمية : ووصف ملاحظاته واستخلص منها « مبادىء » . ولم يتكلم الا عابراً ، ودون كبير اهتمام ، عن المادة الكهربائية ونقلها. وكانت « نظرية السائلين الكهربائيين » تحت متناول يده ، وسرعان ما تجلت من بحوثه ولكنه لم يعلنها صراحة ابداً .

ولهذا تثار الدهشة قليلاً من رؤية فيزيائي بمثل هذا الوعي لقيمة الطريقة التجريبية ، يطور ، بتأثر من ديكارت ـ وهو عرضاً محق ـ نظرية اعصارية للجذب والدفع الكهربائيين ، وفيما بعد نظرية عن المغناطيسية .

اما مفاهيم الشحنة والحقل فلم تكن متميزة بوضوح . وسوف يوضح فرانكلين Franklin مفهوم الحث أو الشحنة ولكنه أسند أيضاً « الحقل » الى « جوّ معيّن » ، وكان لا بد من انتظار مجيء كافنديش Cavendish وكولومب Coulomb ، حتى يُرى بناء نظرية نيوتنية متماسكة حول الكهرباء والمغناطيسية .

الابحاث اللاحقة ـ ومع ذلك، وبموجب عمل نشر سنة 1731، صنع دوفي آلتين للقيام المغناطيسي « ماغنومتر » مخصصتين لقياس القوى المغناطيسية ، واحدة ذات ميزان ، والثانية ذات لولب

حلزوني. وكانت النتائج الحاصلة مشوشة ، وقد اوضحت بمذكرتين سنة 1737 يذكر دوفي فيها : « ان ابرة ذات خيط . . . . تستعمل للتعريف ما اذا كانت قوة الكهرباء هي اكبر او اصغر. . . ويشاهد الطرفان المتدليان بحرية. . يبتعد احدهما عن الآخر ، بقوة متفاوتة وتشكل زاوية مختلفة الكبر. . . وهذا يظهر بشكل صحيح نوعاً ما درجة قوة الكهرباء ». ويعتبر تحسين « قلاب » جيلبرت سلف الموازين الكهربائية ذات كرات البيلسان ، أو ذات الأوراق الذهبية أو ذات الخيوط[1] .

وفيما بين 1734 وحتى موت غري سنة 1736 تبادل الفيزيائيان الانكليزي والفرنسي العديد من الرسائل . واهتما سوية بالشرارة الكهربائية .

عندها ذكر غري : « ان ابرة من المعدن اذا قربت من شيء مكهرب، فان هذا الاخير يخسر كهربته على مهل وبصمت، في حين انه بواسطة قضيب سميك يتم تفريغ الشحنة فجأة، بشرارة ». واضاف « يوماً ما ربما يعثر على وسيلة لتجميع كميات اكبر من هذه النار الكهربائية التي بعد العديد من هذه التجارب ـ تبدو من ذات طبيعة الصاعقة والبرق ».

. **التلاميذ** ـ في انكلترا أكمل ج .ت. ديساغوليه J. th. Desaguliers عمل غري Gray . وقدمت أعماله (1739-1744) القليل من الوقائع الجديدة . انه هو الذي استحدث كلمة «موصل وكتابه الممتاز» «دراسة في الفلسفة التجريبية» (ط 1 ، مجلدان ، 1734-1744) نجح ، وأحدث تأثيراً كبيراً على فرانكلين .

وفي فرنسا ، كان الأباتي نوليه Nollet، تلميذ دوفي، قبل كل شيء مبيّن تجارب وداعية للعلم. ونظريته « نظرية المتتالية » التي نشرها سنة 1746، والتي جوبهت بها افكار فرانكلين، هي من نظريات المدرسة الديكارتية التي « لا تعلم شيئاً متميزاً او حتى متوقعاً » (ج. باربو دوبورج J.Barbeu Dubourg, 1773) .

II ـ الآلات الكهربائية وزجاجة « ليد » Leyde

وسوف تعمل التحسينات التقنية والملاحظة العارضة ، خلال بضعة سنوات، ابتداء من 1745، على بعث عدد كبير من الاكتشافات المهمة .

استكمال الآلات الكهربائية ـ قام غري بتجاربه بواسطة انبوب زجاج محكوك، ودوفي بواسطة قضبان من مواد متنوعة. اما الآلة الكهربائية ، آلة غيريك وهوكسبي، البدائية نوعاً ما ، فقلّما استعملت .

---

(1) ويعزى إلى دوفي أيضاً اكتشاف كبير في البصريات البلورية : « كل الحجارة الشفافة ذات الزوايا القائمة تعرض الإنكسار البسيط . أما التي ليست زواياها قائمة فهي مزدوجة الإنكسارية والإنكسار المزدوج يتعلق بانحناء الزوايا » . وهي علاقة أساسية بين تباين الخصائص والإنكسار المزدوج .

وفيما بين 1743 و1745 جعلت هذه الآلة ايسر استعمالاً واقوى، خاصة في المانيا (ج. م بوز G.M.Bose و.ـ غوردون A.Gordon وج. ونكلر J.Winkler الخ) . وبواسطة دولاب كبير من خشب، ومن جهاز توصيل شريطي، دوِّرت بسرعة فائقة ، كرة ضخمة او انبوبٌ من زجاج . وكانت الكرة تحك من اسفل بيد تحرك واقف على الارض ـ وفيما بعد بواسطة مخدة Coussin من جلد. وتؤخذ الكهرباء الحاصلة هكذا بواسطة شريط من الخيوط الرفيعة المعدنية تـلامس اعلى الكرة . وكان هذا الشريط مربوطاً بماسورة بارودة معلقة بواسطة خيوط من حرير تستخدم كقطب وحيد للآلة .

واتاحت هذه الآلة اجراء تجارب سهلة رائعة وصاخبة ، كررت في كل مكان ، في الاكاديميات وفي الصالونات . لقد كانت الكهرباء من موضة العصر، وتكاثر الفيزيائيون الهواة .

اكتشاف زجاجة ليد Leyde ـ واصبح حماس الجمهور اكبر ايضاً بعد اكتشاف زجاجة ليد. .

فقد سبق لغري ودوفي ان اشارا الى انه بالامكان، بواسطة التماس مع انبوب محكوك، كهربة ماء موضوع فوق مسندٍ معزول. ومن جهة اخرى، كان تسرب الكهرباء البطيء يعزى عادة الى « تبخر المادة الكهربائية » فكان من الطبيعي انقاص هذه التبخير بحبس الماء ضمن قنينة.

وتمت التجربة عرضاً من قبل هاوٍ : القس البوميراني ي. ج. ڤون كليست E.J.Von Kleist (ت. 1745) ومن قبل بيتر فان موشنبروك Pieter Van Musschenbroek استاذ الفيـزياء في ليـد (كانون الثاني 1746) الذي ربما استفاد من مساعدة احد مواطنيه واسمه كوناس Cunaeus.

وضع ڤون كليست Von Kleist في قنينة ماءً غطس فيه مسماراً يمرّ عبر الفلينة. وامسك هذه القنينة بيد، واسند المسمار الى انبوب البارودة، وهو قطب آلته الكهربائية، ثم ابعده، وبعد قربه من شيء غير معزول : فانقدحت شرارة قوية جداً . وعندما لامست الشيء يده الأخرى، احس بصدمة ذات عنف لم يسمع به.

ولما كان كل هذا قد حدث والقنينة بيده، فقد اعتقد، ان الجسم البشري له دور في الحـدث. واعاد موشنبروك نفس التجارب بصورة مستقلة ، ولكنه انجحها حين وضـع القنينة عـلى الطاولـة ، وعرف ان الامر يتعلق بظاهرة فيزيائية خالصة . فكتب في الحال الى ريومور Réaumur الذي اوصل الرسالة الى اكاديمية العلوم . وعلق نوليه Nollet عليها في احدى مذكراته :

« هذه التجربة العجيبة اعطت الالق للكهرباء . فاصبحت بعد تلك اللحظة موضوع الحديث العام . . . وعمل كل الكهربائيين في اوروبا على تكرارها وعلى دراسة ظروفها ».

الاكتشافات التجريبية الجديدة ـ بعد 1746 أشار ب. ويلسون B.Wilson بأن«تراكم المادة الكهربائية في القنينة هو دائماً متناسب مع رقة الزجاج ومساحة الاجسام غير الكهـربائيـة (الموصلة) المتماسة مع هذه السطوح الداخلية والخارجية ».

وفي سنة 1746 أيضاً خطر لـ ل. ج. مونيه L.G.Monnier أن يجمع أطراف مكثف بواسطة خيط معدني طويل. وراقب الظاهرات الكهربائية التي رافقت تفريغ الشحنة، وكانت اول تجربة قد اجريت على تيار كهربائي (مؤقت). وحاول ان يقيس سرعة الانتشار، وامكنه فقط ان يبين ان « سرعة المادة الكهربائية، عندما تجتاز خيطاً جديداً، هي على الأقل، ثلاثون مرة اكبر من سرعة الصوت ». وهذه نتيجة تأكدت في انكلترا، بتجارب اوسع قام بها واطسون Watson والجمعية الملكية .

وقرر مونيه ايضاً (ضد تأكيدات بوز Bose) ان الكهرباء تنتشر في الاجسام من نفس الصنف سنداً لمساحتها اكثر من جرمها .

النظريات المختلفة ـ اسند ديدرو Diderot ودالمبير d'Alembert الى مونيه Monnier كتابة مقالي « الجسم المغناطيسي » و« الكهرباء » في الانسيكلوبيديا .

ونورد مقطعاً منها يظهر وضع الافكار في تلك الحقبة :

« إن مشاعر الفيزيائيين مقسومة حول سبب الكهرباء . وكلهم مع ذلك، موافق على وجود مادة كهربائية مجتمعة نوعاً ما حول الأجسام المكهربة، تحدث بحركاتها مفاعيل الكهرباء التي نشاهد . ولكن كل حركة تفسر، بشكل مختلف الأسباب والاتجاهات لهذه الحركات المختلفة . . . ولما كان كنه المادة الكهربائية ما يزال غير معروف، فمن المستحيل تعريفها بغير صفاتها الرئيسية » .

وهكذا نرى ان الناس، في سنة 1745، كانوا يتكلمون عادة وببداهة عن مادة او عن سائل كهربائي. وهذا المفهوم، كان كائنا قد فرض نفسه، بعد ان لوحظ انتشار «القدرة الكهربائية» عن بعد وتجمعها في زجاجة ليد Leyde.

وفضلاً عن ذلك، لقد مضى زمن طويل، على تصور الفيزيائيين لسوائل لطيفة : اثير نيوتن Newton وهويجن Huygens، والمادة النارية عند بورهاف (1732) Boerhaave، «وهذه وذاك كانا يعتبران من بنية ذرية تعتبر مخلوقة هكذا، متميزة عن كل الاجسام الاخرى المخلوقة ».

والواقع كان من المفترض ان توحي المبادىء التي اكتشفها دوفي، باطروحة « المائعين » الكهربائيين، وهذه الفرضية بدت وكانها « في الجو» بخلال القرن الثامن عشر، لان فرانكلين حاربها. الا ان دوفي نفسه كان مهتماً جداً بالاكتفاء بالوصف المجرد للوقائع، كما كان معتاداً، بذات الوقت، على المفاهيم الميكانيكية لدى الديكارتيين، حتى ليصعب عليه اطلاقاً صياغتها بعبارات صريحة.

ومن جهة اخرى لقد تركت التجارب الكهربائية (والمغناطيسية)، النوعية دوماً والقليلة التنوع، الأذهان في الابهام . فكلمات : قدرة ومادة، واعصار، ومائع، وفضاء كانت تستعمل بذات المعنى تقريباً . والواقع، وكما تدل كلمة مونيه، ان مفاهيم الشحنة والحقل الكهربائي ـ بلغتنا

المعاصرة - (ومفاهيم المغناطيس والحقل المغناطيسي) ظلت مختلطة في عدم الوضوح.

وكان اول تقدم رئيسي، يعزى الى فرانكلين، الذي ابتكر كلمة شحنة كهربائية، واعطاها صوراً واضحة؛ الا أنه استخدم أيضاً كلمة فضاء أو جو.

ومن جهة النظر النيوتنية، لم تصبح الافكار متميزة وواضحة الا بعد القياسات الكمية التي قام بها كولومب Coulomb. وفيما بعد ايضاً، وبعد امبير Ampère وفراداي Faraday، نوقشت طويلاً «حقيقة» الشحنات الكهربائية والاقطاب المغناطيسية. ولم تسوَّ المسألة الا من خلال نظرية لورنتز Lorentz بعد اكتشاف الالكترون والبروتون.

III - عمل بنجامين فرانكلين Benjamin Franklin

اعمال واطسون Watson - كان لفرانكلين سابقٌ هو وليم واطسون William Watson. وكان اهم فضل يعزى لهذا الاخير، انه بيَّن ان «القوة الكهربائية ترسم دائماً دائرة او حلقة». وقد لاحظ اولاً ان الشرارات الكهربائية تضعُف جداً عندما يكون الفاعل الذي يسحبها من الآلة واقفاً على مصطبة تعزله عن الارض. وفكر عندئذ، بالحاجة الى سلسلة لا تنقطع من الاجسام غير الكهربائية لتجر «النار الكهربائية» من الارض الى «انبوب البارودة». وبيَّن اخيراً مبدأ «الدورة الكاملة للمادة الكهربائية» بتجارب شديدة البراعة أجريت مع سلاسل من المراقبين المعزولين فوق قطع من الشمع، يمسك بعضهم بعضاً باليد. واستنتج: «لقد حاولت ان اثبت عن طريق التجربة ان غير الكهربائي الاكثر قرباً يعطي كمية من الكهرباء تساوي الكمية المتجمعة في الاجسام المثارة... ان النار الكهربائية، الضائعة في رجل تعوضها الارض في الحال».

هذا المقطع قد يحمل على الظن ان واطسون كانت لديه فكرة غامضة نوعاً ما عن كمية الكهرباء وحفظها.

ولكنه من جهة ثانية اندفع وراء نظرية ميكانيكية معقدة.

وكانت هذه ترتكز على فرضية «الاثير الكهربائي، والفضاء الذي يحيط بالاجسام... المكهربة، فيمتد الى مسافة ضخمة. والاثير الكهربائي اكثر لطفاً من الهواء العادي... يجتاز بسرعة المعادن... ولا يجتاز الا على عمق معين الاصماغ... وهو يحرك الاجسام الخفيفة... ومطاطيته تبرز في كونه ينتشر على مسافة ضخمة... ان تيار الاثير الكهربائي يحمل معه كل ما يصادفه من اجسام خفيفة».

واخيراً ولتفسير الدفوعات وكذلك الجذب بدأ وكأنه ينحاز الى نظرية التدفقات المتتالية مع الفيضانات التي قال بها توليه. وكان لا بد من مجيء فكر جديد، عبقري بحق، يجهل كل شيء تقريباً عن النظريات السائدة، ليهاجم بكل راحة وحرية فكر، وبالتجربة فقط، موضوع الكهرباء، حتى

يكنس كـل هذه الفـوضى الميكانيكيـة والميتافيـزيـة المـوروثـة عن لـوكـرس Lucréce وعن ديكـارت وخلفائهما .

بنجامين فـرانكلين : حفظ الكهربـاء ، الأجسـام المكهـربة ايجـاباً وسلبـاً ـ يعود تـاريخ البحوث الاولى التجريبية التي قام بها بنجامين فرانكلين (1706 – 1790) الى سنـة 1747[1]. وكان اكتشافه الاول هو « المفعول المدهش للاجسام الرفيعة التي تستطيع بآنٍ معاً ايصال النار الكهربائية الى الاجسام الاخرى وتسحبها منها» . (تجارب وملاحـظات حول الكهـرباء ، لنـدن 1750. رسائـل الى كولينسون Collinson ، رسالة II (1747))هذه الملاحظة كان قد سبق اليها غيريك، ثم بشكل اكثر وضوحاً غري .

كان فرانكلين يجهل هذه الملاحظة . ومن المعلوم أنها قادته فيما بعد الى اختراع الشاري . ولكن بعد هذه الفترة أوحت له ـ مع تجارب أخرى ـ « الرأي بأن النار الكهربائية لا تتولد بالحك بل تجمع وانها في الحقيقة عنصر (مادة غير قابلة للتلف) منتشر بفضل مواد أخرى يجتذبها ، وبصورة خاصة الماء والمعادن » (نفس المصدر) .

وقد حقق فرانكلين هذه الفكرة بتجربة مدهشة في بساطتها ، ومعبرة نوعاً ما رغم كونها نوعيـة مثل كل التجارب الكهربائية في تلك الحقبة :

1- إذا وقف شخصان فوق الشمع احدهما « ا » يحك أنبوب الزجـاج والآخر « ب » يسحب منـه النار ، هذان الشخصان إذا لم يتلامسا يبدوان وكـأنهما مكهربـان بالنسبة الى ثالث « ج » واقف عـلى الأرض ، أي أن هذا الثالث يستمد منهما شرارات إن هو قرب أصبعه منهما .

2 ـ ولكن إذا تلامسـا عندما يكون الأنبوب مشحوناً ، فإن أيـاً منهما لا يتكهرب .

3 ـ وإذا تلامسا بعد حك الأنبوب تتولد بينهما شرارة أقوى من الشرارات التي يستمدها الشخص الواقف على الأرض .

4 ـ وبعد هذه الشرارة تزول الكهرباء عن كليهما (نفس المرجع الكتاب الثاني) .

هذه الوقائع تفسر حالاً ، إذا افترضنا أن « ب » مكهرب بشكل إيجابي و«ا» بشكل سلبي ؛ أو إذا كان « ب » مكهرباً زائداً و« ا » ناقصاً ، أي إذا كان «ب» يحمل كهرباء أكثر من حصته الطبيعية « في حين ان « ا » يحمل كهرباء أقل . « وهكذا يمكن تحويل النار الكهربائية كما أثبت ذلك و. واطسـون W. Watson ، ويمكن أيضاً تجميعها في جسم ما أو سحبها منه » (نفس المرجع) . واخترع فرانكلين الذي لم يكن يعرف شيئاً عن الأعمال السابقة لغة خاصة به ، أصبحت كلاسيكية . ومع ذلك فقـد استعمل التعبير الشائع « النار الكهربائية » : فقد كانت النـار في القرن الثـامن عشر النموذج المثـالي للمواد اللطيفة .

---

(1) إن عمل فرانكلين Franklen بالكهرباء قد استعيد ، من وجهة نظر أخرى ، عبر الدراسة التي أجراهـا ي ـ ب كوهن I. B. Cohen ـ العلوم في أميركا الشمالية البريطانية (انظر الفصل 3 من القسم 4) .

وبعد ان تجمعت لديه هذه الافكار الاساسية طبقها على زجاجة ليدLeyde :

« في الوقت الذي يكون فيه الخيط وسدة القنينة (الكيان الداخلي)مكهربين إيجاباً أو زائداً يكون كعب القنينة (او الهيكل الخارجي) مكهرباً سلباً ، وبمقدار معادل تماماً ، اي انه : مهما كانت كمية الكهرباء المحمولة الى اعلى فهناك كمية معادلة تخرج من اسفل. . وبهذه الطريقة المدهشة تتمازج الكميتان من الكهرباء الزائد والناقص وتتوازنان في هذه القنينة العجيبة» (نفس المرجع الكتاب 3 ، 1747) .

وهذه تجربة أصبحت كلاسيكية تثبت هذه الأفكار بصورة مباشرة :

« ثبت خيطاً في الرصاصة التي تسلح كعب القنينة (الذي يشكل الهيكل الخارجي)، إحنِ الخيط نحو الاعلى بحيث تكون حلقته النهائية على مستوى حلقة الخيط المار في السدة، وعلى بعد 3 او 4 بوصات . كهرب القنينة ثم ضعها فوق الشمع . فاذا وضعت سدة معلقة بخيط من حرير بين هذين الخيطين فانها تتأرجح باستمرار من واحد الى واحد الى ان تفرغ القنينة من الكهرباء ؛ أي حتى تذهب بحثاً عن النار الكهربائية في الهيكل الداخلي لكي تنقله الى الهيكل الخارجي حتى يحصل التوازن ».

وهكذا تتضح قليلاً قليلاً نظرية السائل الوحيد التي صاغها فرانكلين **Franklin** بصورة كاملة سنة 1750، تحت عنوان « اراء وافتراضات تتعلق بخصائص ومفاعيل المادة الكهربائية ».

«1 ـ تقوم المادة الكهربائية وتتألف من جزيئات لطيفة الى اقصى حد لانها تستطيع التسرب الى المادة العادية حتى الاجسام الاكثر وزناً ، وبسهولة بالغة وحرية ، فلا تقف بوجهها اية مقاومة منظورة » . .

«3 ـ الشيء الذي يفرق المادة الكهربائية عن المادة العادية، هو ان جزيئات هذه المادة الاخيرة تتجاذب فيا بينها ، اما جزيئات المادة الكهربائية فتتنافر. . .

4 ـ ولكن، رغم ان جزيئات المادة الكهربائية تتنافر، فهي مشدودة ومنجذبة بكل مادة أخرى . . .»

«6 ـ وعلى هذا فالمادة العادية هي نوع من الاسفنج بالنسبة الى السائل الكهربائي. والاسفنجة لا تستطيع ان تمتص الماء اذا لم تكن الجزيئات المائية اصغر من مسام الاسفنجة، والامتصاص لا يتم الا ببطء اذا لم يكن هناك تجاذب متبادل بين هذه الجزيئات وجزيئات الاسفنجة. . . ويتم الامتصاص بسرعة اكبر اذا كان هناك بدلاً من الجذب، بين هذه الجزيئات المائية دفع متبادل، يعمل بالتعاون مع جذب الإسفنجة. وهذا ما يحصل بين المادة الكهربائية والمادة العادية.

7 ـ ولكن المادة تتضمن عموماً مقداراً من المادة الكهربائية بقدر استيعابها. فاذا اضفنا اليها اكثر فان هذه المادة الكهربائية تطفو على السطح وتشكل ما نسميه بالفضاء المغناطيسي : وعندها يكون الجسم مكهرباً » .

«9 ـ نحن نعلم ان السائل موجود في المادة العادية لاننا نستطيع امتصاصه الى الخارج بواسطة الكرة (الالة) او بواسطة الأنبوب . . »

«15 ـ ان شكل الفضاء هو مثل شكل الجسم المحاط. ويصبح هذا الفضاء مرئياً في الهواء الهادىء بواسطة دخان الصمغ . . . المنجذب والمنتشر ايضاً في كل الجهات مغطياً الجسم وساتراً له . . . ».

وتأتي بعد ذلك نظرية قوة المسننات او الابر الرفيعة ، والمعتمدة على تصور للفضاءات الكهربائية ، ويضيف فرانكلين Franklin .

«18 ـ هذا التفسير بدا لي مقنعاً تماماً عندما اتاني عفواً وحام في فكري . . . ولكنني الآن اشعر ببعض الشك . . .

19 ـ ولكن ليس من المهم بالنسبة الينا معرفة كيفية مراقبة الطبيعة لقوانينها : ويكفينا ان نعرف هذه القوانين بالذات . والشيء المفيد بالنسبة الينا ان نعرف ان قطعة البورسلين اذا تركت بدون سند في الفضاء ، فانها تسقط وتتحطم. ولكن معرفة كيفية وقوعها ولماذا تتكسر فهو بحث تأملي فلسفي. وفي هذا لذة لنا ، ولكن بدونها نعرف كيف نحمي البورسلين » .

واللهجة الموضوعية ، والواقعية تقريباً في هذا المقطع الاخير تتعارض بشكل غريب مع وجهات النظر المصبوغة وما تزال بالميتافيزياء، خلافاً للكثيرين من معاصري فرانكلين . « والاراء والافتراضات التي سبقت ، وحيث تتضح تماماً نظرية المائع الوحيد، تتجاوز لحسن الحظ هذه الفلسفة الواقعية . الا انه لم يكن من غير المفيد دعمها لحظة وحتى المفارقة ، وذلك من اجل مقاومة تجاوز اخر معاكس وشديد الخطورة .

ان كل الوقائع تقريباً التي كانت معروفة في زمن فرانكلين تفسر بشكل نوعي بواسطة نظريته . ونحن نستطيع ان نرى فيها نوعاً من الرسيمه او التصميم لنظرية الالكترونات ، وهي جزيئات كهربائية اصغر من الذرات التي تبدو المادة العادية بالنسبة اليها نوعاً من الاسفنجة. ولكن للأسف : « هناك تجربة تثير عجبنا ، ولا نجد لها تفسيراً مقنعاً. . . . فالاجسام التي تقل كهربتها عن الكمية العادية (اي المشحونة سلباً) تتدافع فيما بينها كما تتدافع الاجسام المثقلة اكثر من اللازم بالكهرباء» (نفس المرجع الكتاب 1748, 4).

والجهود التي بذلها فرانكلين فيما بعد لكي يفسر هذه الواقعة، والتي ارتكزت على فرضية الاجواء الكهربائية، لم تكن ناجحة. وظل الامر حتى سنة 1759 حين اطلق ابينوس Aepinus الفرضية القائلة بان خلايا المادة العادية المحرومة من الكهرباء المرتبطة عادة بها ، تتدافع تماماً كما تتدافع جسيمات المادة الكهربائية.

وهكذا تتخذ نظرية المائع الوحيد شكلها المكتمل. ولكن هذه النظرية قلما تختلف عن نظرية

المائعين ، التي سوف يطورها ر. سيمر R.Symmer في نفس السنة (1759). والمناقشات اللاحقة بين انصار هذين السائلين سوف تبدو عقيمة ـ كما شعر بذلك تماماً رجال من امثال كولومب Coulomb ونظراً للتناظر بين خصائص المادة الكهربائية وخصائص المادة العادية، في النظرية التي اكملها ابينوس Aepinus، فمن الواجب الوصول بشكل طبيعي الى الافتراض ان هذه المادة العادية هي مادة كهربائية معكوسة من الاولى، وان النظرية الكهربائية للمادة قد سبق واكتشفت منذ قرن مضى. ولكن الافكار لم تكن ناضجة بعد ومعرفتها اي معرفة هذه الافكار بالظاهرات الكهربائية كانت مجزأة للغاية .

هذه المعرفة المجزأة والسطحية ، تفسر خطأ الاشارة الذي وقع فيه فرانكلين عندما قال بان المادة الكهربائية المتحركة تختلط وتشتبه بالكهرباء الزجاجية ، عند دوفي Dufay، والتي نسميها ايضاً كهرباء ايجابية . فقد ظن فرانكلين ، وهو يراقب تفريغ الشحنات بحِدات الاجسام الرفيعة ، وكذلك وهو يراقب ظاهرة الهواء الكهربائي، فظن انه يرى المائع يسيل من الإبر المشحونة ايجابياً . نحن نعلم اليوم ان المظاهر كانت خداعة ، وان الشحنات الكهربائية المتحركة، وهي اصغر بالنسبة الى خلايا المادة العادية ، تشكل الالكترونات السلبية .

وهناك شيء آخر ايضاً يصدمنا في نظرية فرانكلين : ذلك انه يخلط في مفهوم كهربائي واحد. المادة كهربائية والجو الكهربائي الذي يحيط بالاجسام المشحونة ، اي في الاساس، حقل قوتها. وكان هذا الالتباس معتاداً في منتصف القرن الثامن عشر: اذ نجده عند واطسون وعند الاباتي نوليه. وقد عملت بحوث ابينوس وكولومب، ثم التسرب النهائي لأفكار نيوتن في الكهرباء ، على التخلي تماماً عن فكرة الاجواء الكهربائية. ولكن هذه الفكرة ظهرت من جديد عند فراداي Faraday، انما معدلة تماماً وواضحة جداً ، ومرتبطة مباشرة بالتجربة ، ومتحررة من كل فرضية مادية .

الشاري (باراتونير) ـ بني مجد فرانكلين لدى الجمهور ، بشكل خاص على بحوثه حول الصاعقة وعلى اختراعه للشاري. في سنة 1749 اشار الى التماثل الكامل بين البرق والشرارة الكهربائية وتساءل حول خاصية اجتذابها بالمسلات الرفيعة ، هل ينطبق ايضاً على البرق ؟ .

وفي الحال اجرى تجربة : نَصَبَ مسلة حديدية رفيعة فوق برج عالٍ ووصلها بشريط ينزل نحو الارض. واستطاع رجل واقف فوق مقعد من شمع ان يلتقط شرارات كهربائية عند مرور غيمة مكهربة .

واجريت التجربة في ايار 1752 من قبل فرنسوا داليبار Fr. Dalibard، في مارلي. وكانت توقعات فرانكلين قد ثبتت كلها. وفي تشرين الاول اعاد فرانكلين التجربة بواسطة طائرة ورقية . ان الكهرباء لم تعد يومئذٍ مجرد فضول اكاديمي اوفضول صالونات . إنها قوة طبيعية يمكن التوصل الى ضبطها. واختراع الشاري سوف يحمي البيوت والكنائس والسفن من صدمة الصاعقة. . . وذلك بسحب الكهرباء من الغيوم بصمت قبل ان تقترب لكي تضرب.

معاصرو فرانكلين وخلفاؤه ـ كانت نظرية ظاهرات التأثير الكهربائي كامنة في نظرية فرانكلين

Franklin حول زجاجة ليد. اننا لن نركز على تجارب ج. كانتون J.Canton (1753) الذي استخدم موازين الكهرباء ذات الكرات الفلينية ، وهو تحسين لميزان الكهرباء ذي الخطوط الذي صنعه دوفي، ولن نركز ايضاً على موازين فرانكلين Franklin بالذات .

والتحليل الدقيق لهذه المفاعيل يعود بصورة خاصة الى فرانـزابينوس Franz u.th. AEpinus والى تلميذه ج. س. ويلكي J.C.Wilcke 1759 اللذين توصّلا الى تفسير هذه المفاعيل بصورة كاملة ، بالجذب والدفع ، والتحرك الكهربائي، داخل الموصلات ، دون ادخال الاجواء المكونة من انبثاقات خارجة من أجسام مكهربة .وهذه النظرية هي بصورة اساسية نيوتنية رغم انها نوعية كيفية .

ونقطة الانطلاق في بحوث ابينوس كانت اكتشافاً تجريبياً مهماً هو اكتشاف « بيرو كهرباء » : اذا احميت إبرة بلورية من التورمالين، تصبح هـذه الابرة مكهربة ، ايجاباً في طرف وسلباً في الاخر. والقطبان الكهرباتيان في هذه الابرة يشبهان تماماً قطبي المغناطيس. وحملته هذه الملاحظة الى تطوير نظرية المغناطيسات، والى المغنطة بالتأثير، المأخوذة من نظريته في الكهرباء : ان السائل المغناطيسي الوحيد يتحرك في الاجسام القابلة للمغنطة؛ وخلاياه تتدافع فيما بينها، وتنجذب بالمادة.

وهذه المادة تمتلك اذاً ، بشكل تراكمي خصائص جذب السائل الكهربائي والسائل المغناطيسي، كما انها تتدافع فيما بينها. وبعد أن تتشبع هذه المادة بالسائلين الكهربائي والمغناطيسي، لا تعود تتأثر الا بالجاذبية الكونية.

هذه التعقيدات[1] حملت بعض المفكرين على تفضيل فرضية السائلين الكهربائيين ، وهي فرضية اوحت بها تجارب دوفي ور. سيمر R.Symmer اقترحها سنة 1759، ولكن البراهين التي قدمها، دعماً لها لم تكن ذات قيمة .

وكان السويدي ت. برغمان T.Bergman الذي بدا وكأنه قد طورها باكثر ما يكون من الدقة سنة 1765، بقانون مزدوج حفظي : فالسائلان موجودان سلفاً بكميات متساوية في كل جسم، وبحالة جمود؛ واقتراب جسم مكهرب جاذب لاحدهما يدفع بالاخر ويفصلهما ومن هنا تنتج ظاهرات التأثير.

وسوف نتكلم قريباً عن جوزيف برستلي Joseph Priestley الذي كانت اكتشافاته في كيمياء الغازات رئيسية والذي كان في الكهرباء خلفاً وتلميذاً مباشراً لفرانكلين .

IV ـ قياس القوى الكهربائية والمغناطيسية وقانون فعلها

في سنة 1749 اخترع ج.ب. روا J.B.le Roy وب. ارسي P. d'Arcy اول آلة تتيح قياس

(1) والتي كان ابينوس واعياً لها تماماً . ولكنه بعد أن بين عدم تضمنها التناقض ، طبقها كما هي ، على الأقل كفرضيات عمل .

القوى الكهربائية ، وهو ميزان الكهرباء وميزان كثافة السوائل : وهو عوّامة فوق قضيب من معدن غاطس في الماء وفوقه عينة تقرب من العينة عينة اخرى متصلة بآلة كهربائية . وتحدث مفاعيل التأثير جذباً فيغطس ميزان الكثافة. ويعاد به الى وضعه الاول باوزان تعطي مقياس قوة الجذب. وفي سنة 1760 استخدم دانيال برنولي هذه الآلة ليدرس كيفية تغيير المفاعيل الكهربائية تبعاً للمسافة بين العينتين. ويبدو أن مقاييسه قد حققت قانون المربع العكسي للمسافات . وهذا تقريباً ما كان يجب ان تعطيه هذه التجارب ، ولكن الظاهرة المدروسة كانت معقدة ولم يكن الامكان فهمها الا فيما بعد. ولهذا لا يمكن اعتبار النتائج التي حصل عليها دانيال برنولي ولم تعتبر كمقنعة .

ما قدمه برستلي Priestley ـ ان الكتاب الكلاسيكي الذي قدمه برستلي، وهو « الكهرباء في تاريخها وحاضرها ، مع تجارب اصيلة » ظهر سنة 1767 وطبع عدة طبعات وترجمات (اول طبعة فرنسية سنة 1771 بقلم م. ج. بريسون M.J.Brisson) .

وكانت مساهمته الاصيلة في علم الكهرباء مزدوجة. بالدرجة الاولى نجد فيه المقاييس الاولى ـ التقريبية جداً ـ للتوصيلات المتعلقة بمختلف المواد. ولكن هناك شيء اهم : لقد لاحظ برستلي ، بعد فرانكلين ان كرات الفلين لم تكن تتأثر بالكهرباء على الاطلاق ، الكهرباء الصادرة عن كأس معدني حبست فيه هذه الكرات. ويقول آخر ان الحقل المغناطيسي معدوم داخل مجوف معدني. واستنتج : « الا يمكن ان نستخلص من هذه التجربة ان جذب الكهرباء خاضع لنفس القوانين التي هي قوانين الجذب، وان الجاذبية الكهربائية بالتالي خاضعة لمربع المسافات ، اذ قد بُينَ انه ، اذا كان للارض شكل القوقعة، فالجسم الذي يكون في داخلها ألا يجذب من جهة أكثر من جهة أخرى ؟

وهنا يطرح برستلي سؤالاً فقط. فقد شعر تماماً ان بيانه ليس كاملاً . وقاعدة نيوتن لا تصلح الا للمجوفات الكروية . وقد عاد كافنديش Cavendish الى هذه التجربة بدقة شديدة انما بواسطة تجويف كروي.

جون ميشال John Michell ـ حتى الآن لم نشر الى العمل المهم الذي وضعه جون ميشال ، الذي صدر سنة 1750، في كتابه : « حول المغناطيس الاصطناعي » والذي سجل فيه اول تقدم مهم في القرن الثامن عشر ـ قبل نظرية ابينوس Aepinus ـ حول علم المغناطيس. وكان ميشال مثل فرانكلين ومثل ابينوس نيوتونياً خالصاً . وقد اكد ان كل قطب في مغناطيس يجذب او يدفع تماماً وبمسافات متساوية في كل الجهات ، وان الجذب او الدفع ينقصان تبعاً لزيادة مربع المسافة بالنسبة الى القطبين المتتالين . ولكن التجارب التي اراد بها اثبات هذا القانون بقيت قليلة الوضوح وقليلة الاقناع .

عمل كافنديش Cavendish ـ عرف فرانكلين الشحنة الكهربائية او كمية الكهرباء ولكنه لا هو ولا خلفاؤه لم يكونوا قادرين على قياس هذه الشحنة . وباستثناء بعض المحاولات التي سبقت الاشارة اليها ظلت كل التجارب وكل التفسيرات النظرية نوعية . والانتقال من النوعي الى الكمي

يعود الفضل فيه الى كافنديش والى كولومب. لم ينشر هنري كافنديش (1731 – 1810) الارسالتين ، في سنة 1771 و1776، في « المقالات الفلسفية » واولى هذه المذكرات الغنية بمادتها الجديدة ، كانت مقدمة لاعماله الاخرى. ولكنه بعد ان اصبح متشائماً، ترك هذه الاعمال الاخيرة مدفونة في اوراقه . وعثر عليها ماكسويل Maxwell ونشرها سنة 1879. وهذه هي النقاط الاساسية في مذكرته الاولى (1771): 1 ـ انطلق كافنديش من نظرية ابينوس ، واعتبر القوانين المختلفة الممكنة والمتعلقة بالتفاعلات الكهربائية ذات اس معاكس لمكثف n للمسافة . وبين ان هذا المكثف يجب ان يكون اقل من 3. ثم افترض مثل برستلي Priestley n=2 واستخرج النتائج الرياضية من هذه الفرضية : مفعول معدوم داخل كرة مجوفة ، توزيع سطحي للكهرباء في حالات خاصة مختلفة : كرة ، سطح ، سطحان متوازيان ، تأثير .

2 ـ في كل هذه النظرية تدخلت فكرة درجة التكهرب في موصل سماه فيا بعد « ضاغط الكهرباء » والذي لم يكن الا الزخم الكهربائي(1) . ان الجسمين المختلفي الشكل والموصولين بخيط موصل لا يحملان نفس الشحنة ولكنهما مكهربان بنفس الدرجة . والمفهومان الاساسيان في الكهرباء الثبوتية ، وهما الشحنة والزخم اصبحا معرفين بدقة .

ولم يكن لاعمال كافنديش اللاحقة ، نتيجة بقائها مجهولة طيلة مئة سنة ، لم يكن لها أي تأثير في تاريخ الفيزياء . وهي تتناول بصورة اساسية نقاطاً أربع .

1 ـ التحديد التجريبي للقانون (1772 – 1773) ($1/r^2$) : في كل نقطة داخل كرة موصلة مجوفة ومكهربة تكون المفاعيل الكهربائية معدومة . واثبات هذه القاعدة اتاح اثبات ان قانون المفاعيل الكهربائية هو قانون نيوتن ، لان اي قانون آخر لا يفي فيها بالغرض .

2 ـ تعريف طاقة الموصل. ان شحنات موصلين مكهربين بنفس الدرجة تتناسب مع طاقة هذين الموصلين . وهذه الطاقة يمكن ان تقارن ، بمقياس مباشر ، وذلك بازالة الشحنة بصورة تدريجية عن الموصلين بواسطة جسم صغير ، للتجربة .

3 ـ وطاقات الموصلين المسطحين المتشابهين اللذين الطبقة العازلة في الاول منها مكونة من الهواء وفي الثاني مكونة من الشمع او من الزجاج ، هذه الطاقات ليست هي ذاتها . هذه الواقعة التي لن يعثر عليها الا فراداي Faraday أدت الى تعريف والى قياس الثوابت الكهربائية المضاعفة .

4 ـ المقارنة الدقيقة بين الايصاليات الكهربائية لمختلف الاجسام ـ وهذا ما يقتضي استشعاراً مسبقاً لقانون اوهم Ohm. : « الحديد يوصل حوالي 400 مليون مرة افضل من ماء المطر ، اي ان الكهرباء لا تلاقي مقاومة في اجتياز خيط من حديد طوله 400 مليون بوصة كما تلاقي مقاومة من عامود

(1) لقد سبق لـ « دوفي » Dufay أن حدد درجة قوة الكهرباء ، وقاسها بتباعد خيطين في مقياسه الكهربائي . ولكنه وقف عند هذا الحد .

ماء من نفس القطر طوله فقط بوصة واحدة . وماء البحر. . . يوصل مئة مرة افضل، والمحلول المشبع بالملح يوصل حوالي 720 مرة من ماء المطر » .

ولا نستطيع هنا الالحاح على هذه التجارب البارعة جداً ، نشير فقط الى ان مفاهيم الشحنة والزخم بعد تحديدها تماماً كان لا بد ان توصل في النهاية ، وضمن حالة الجمود الى مفهوم القدرة ، وفي حالة الديناميك لا بد ان توصل الى مفاهيم الزخم « سرعة التيار »، والمقاومة .

شارل إغوستين كولومب Charles – Augustin Coulomb نظرية المغناطيسية ، القوانين الاساسية في المغناطيسية وفي الكهرباء المستقرة ـ قبل دراسة عمل كولومب تذكر بشأنه حكماً عليه. من قبل ماكسويل : « يلاحظ ان اية تجربة من تجارب كولومب Coulomb لا تطابق اي تجربة من تجارب كافنديش : وطريقة كولومب هي خاصة به بكاملها . ولكن فضلاً عن ذلك ان فكرة الطاقة في الموصل ، كموضوع بحث تعزى تماماً الى كافنديش ، ولا يمكن ان نجد مثيلاً لها في عمل كولومب » .

كان شارل اوغستين كولومب (1736 – 1806) رجلاً كلاسيكياً في العلم . وهو مثل كافنديش، يمتلك امتلاكاً كاملاً الطرق الايجابية التي جهد خلفاء نيوتن في تطبيقها . وهو لم ينحرف عنها ابداً . والكثير من رسائله عنوانه بحوث نظرية وعملية حول. . كان بآنٍ واحد مجرباً بارعاً ومنظراً عميقاً ، رغم ان الإداة الرياضية في اعماله كانت بسيطة للغاية . ومذكراته تتبع دائماً نظاماً لا يتغير : مقدمة نظرية مبنية على المعارف السابقة ، فرضيات عمل ،وصف للمعدات والاجهزة ، تجارب، نتائج عملية ، وعواقبها النظرية ، تجارب جديدة مستوحاة من وقائع جديدة مكتسبة وهكذا دواليك حتى الاستخلاصات النهائية والتطبيقات العملية .

وفي اعماله الاولى كضابط في سلاح الهندسة ، وضع أسس نظرية مقاومة المواد المستعملة (1773)، ثم، فيما بعد (1779) ، أعلن عن مبادىء الآلات البسيطة وعن قوانين الاحتكاك .

وفي سنة 1777 جذبت مسابقة اكاديمية انتباهه نحو المغناطيسية فوضع بشأنها مذكرة وبحوثاً حول«أفضل وسيلة لصناعة الابر المغناطيسية ». ولم تتضمن هذه المذكرة وصفات عملية ، بل دراسة عميقة للظاهرات ، فقد أسس اولاً على تجارب قديمة قام بها موشنبروك Musschenbroek وعلى تجاربه الخاصة ، مبدأين اساسيين يمكن تلخيصهما باللغة العصرية كما يلي :

الحقل المغناطيسي الارضي واحد موحد في مكان معين ، ومفعوله على مغناطيس يقتصر على مزدوج نسبي مع جيب (سينوس) الزاوية التي يحدثها المغناطيس مع توجه التوازني. من هذه المبادىء (مزدوج ، لا ـ قوة) ينتج «لاحق عام» يؤكد على ضرورة نظرية نيوتونية للمفاعيل المغناطيسية :

« ان اتجاه ابرة مغناطيسية لا يمكن ان يتعلق بسيل من السائل. . . انه ينتج عن التجربة [التي مفادها انه] ليست الاعاصير هي التي تحدث الظاهرات المختلفة التي تمغنط وانه ، لشرحها وتفسيرها ،

يتوجب بالضرورة اللجوء الى قوى جذابة ودفاعة من طبيعة القوى التي يتوجب استخدامها لتفسير جاذبية الاجسام والفيزياء السماوية » .

وانطلق كولومب من هذه المبادىء ، فوضع معادلة حركة ابرة مغناطيسية في حقل ارضي ، وادمجها في التأرجحات الصغرى ، وبيَّن كيف يمكن استنتاج « توقيت القوة الممغنطة » من مدة هذه التأرجحات ، وكيف يمكن مقارنة اللحظات المغناطيسية لمختلف المغناطيسيات ، فيما بينها .

وعندها قام بسلسلة من التدابير حول تأرجحات المغناطيسيات المعلقة بخيوط رفيعة . واصابه الحرج فتساءل ، هل مطاطية جدل الخيوط تشوه نتائجه . وبواسطة تجارب جديدة ، ازاح هذا الازعاج وذلك بوضع قوانين الجَدْل مع خطأ صغير فيها .

نشير اخيراً إلى انه (أي كولومب) ، وهو يحاول صنع ابر جيدة للبوصلة ـ عرف ما نسميه اليوم الحقل المجرَّد من المغناطيسية ، وأوجد قواعد تتيح التخفيف منه .

وفي سنة 1784 ، عاد كولومب الى ابحاثه حول جَدْل الخيوط ، وصحح خطأه لسنة 1777 ، وقدم نظرية صحيحة ـ وبسيطة للغاية ـ عن القانون الذي اكتشفه .

وفي 1785 ظهرت اولى مذكراته الاساسية حول الكهرباء : بناء واستخدام ميزان كهربائي . . .

وميزانه معروف ومشهور ، فهو يتيح قياس القوة الى حد واحد على الف من الدين (= واحد على مليون من غرام وزن) ، وهذه الحساسية زادت فيما بعد . ولن نصف تجاربه الكلاسيكية حول الدفع الكهربائي ، اول تبيين دقيق ـ بعد تبيين كافنديش غير المنشور ـ لقانون كولومب .

وهناك مذكرة اخرى ، في سنة 1785 ، وسعت القانون ليشمل الجاذبيات : تجارب دقيقة حول الميزان ، لان حالات الكهرباء ذات الاشارات المتناقضة ، تميل الى التماس فيما بينها وتفقد شحنتها .

وهناك طريقة اخرى ، أبسط ، مرتكزة على قياس المدة مدة ارجحة ابرة عازلة تحمّل في طرف من اطرافها جسيماً صغيراً مكهرباً يتحرك ضمن حقل كرة مثقلة بكهرباء ذات اشارة معاكسة .

وفي نفس المذكرة توجد التجارب حول قانون المفاعيل المغناطيسية ، تجارب مجراة ايضاً بواسطة طريقتين ، الاولى ثبوتية (ستاتيك) والثانية متحرّكة او (ديناميكية) مع كل التصحيحات التي يقتضيها تعقيد الظاهرات .

وفي عمل ثالث لسنة 1785 ، اهتم كولومب بمفعول مزعج : تشتت او ضياع الكهرباء .

وهناك ثلاث مذكرات (1786, 1787, 1788) مخصصة لمسائل توزيع الكهرباء على الموصلات .

في المذكرة الاولى بين كولومب ، بالتجربة ان « السائل الكهربائي ، لا ينتشر في اي جسم بفعل الألفة الكيميائية . . . بل انه يتوزع بين مختلف الاجسام المتماسة فيما بينها ، فقط بواسطة مفعوله

الدافع ». ثم بعدها « يتوصل الى حالة الاستقرار ، فينتشر فوق سطح الاجسام ولا يتسرب الى الداخل . ».

ومن اجل اقرار هذا المبدأ اخترع « خطة الفحص » المعروفة وجعلها نظرية . وبيَّن ايضاً بواسطة التحليل الرياضي البسيط ، فرضية كان يعرفها كافنديش :

« ان المائع المحبوس في جسم ، حيث يستطيع التحرك بحرية ، ان تحرك بالدفع ، من كل اقسامه التمهيدية ، وبقوة اكبر من عكس المكعب. . . فيجب ان يظهر (أي المائع) على سطح الجسم ، ولا يجب ابداً أن يبقى في داخله » .

والمذكرتان لسنة 1787 ولسنة 1788 تقدّمان الحل التقريبي لمختلف مسائل توزيع الكهرباء على انظمة الموصلات . ولا يمكننا الا ان نشير الى دقة قياسات « الزخم الكهربائي » بواسطة « خطة الفحص »، والتحكم بالحسابات النظرية المرتكزة فقط على قانون الجذب والدفع وعلى فرضية حركية الشحنات ضمن الموصلات .

وهكذا وضعت اساس الكهرباء المستقرة (الكتروستاتيك) التجريبية والرياضية . ولم يكن امام خلفاء كولومب ومنهم بواسون Poisson ولورد كلفن Lord Kelvin الا اتباع النهج الذي رسم .

نركز فقط على نقطة : ان قانون كولومب يحدد تماماً « الكتلة الكهربائية (الجرم الكهربائي) اي الشحنة في الجسم . ويتيح ميزان كولومب قياس هذه الشحنة ، وبواسطة خطة التجربة ، ايضاً زخمها عند نقطة معينة . هذه المقادير ادخلت في الفيزياء بواسطة فرانكلين ، انما بشكل نصف كمي . وكان كافنديش قد قاسها بقيمة نسبية بواسطة طرق غير مباشرة . وهذه المقادير مرتبطة من حيث قيمتها الحسابية بالقيم الميكانيكية الاساسية ، ويمكن أن تخضع للحساب .

ما هي طبيعة هذه الشحنة؟ لقد وُجِدَ كولومب ، ككل معاصريه ، امام نظريتين : نظرية السائل الوحيد ، سائل فرانكلين وآبينوس، ونظرية السائلين التي قال بها سيمر Symmer وبرغمان Bergman . وكان موقفه متسماً بالحذر .

هذا ما ورد في مذكرته لسنة 1788 : « لما كان هذان التفسيران ليس فيهما إلا درجة من الاحتمالية الكبيرة إلى حد ما ، انبه إلى اني ، في حال افتراض وجود سائلين كهربائيين ، لم انو إلا أن أقدم ـ مع أدنى ما يمكن من العناصر ـ نتائج الحساب والتجربة وليس الاشارة إلى الأسباب الحقيقية للكهرباء » .

وفي مكان آخر يقول : « ان افتراض م. آبينوس M.AEpinus (السائل الوحيد) يعطي ، فيما يتعلق بالحساب ، نفس نتائج فرضية السائلين . واني افضل فرضية السائلين ، التي سبق واقترحها العديد من الفيزيائيين ، اذ من التناقض ـ كما يبدو لي ـ القول ، بآنٍ واحد ، بوجود قوة جاذبة في الجسم الواحد ، تعادل عكس مربع المسافات ، قوة مثبتة بالجاذبية الكونية ، وبوجود قوة دفع تعادل نفس القوة المعاكسة لمربع المسافات . »

وعاد كولومب في اعماله الاخيرة (1789 – 1801) الى دراسة المغناطيسية . وحاول في بادىء الامر في نظرية آبينوس او نظرية السائلين المتعادلين، ان يحسب « توزيع السائل المغناطيسي ، ضمن ابرة من فولاذ اسطوانية » .

فهو قد اضطر ، من اجل هذا ، الى اضافة « قوة ضاغطة تمنع السائل من السيلان من قسم من الابرة الى قسم آخر ، قوة يمكن ان نقارنها بالحك » الى الجذب والدفع . وما تزال فكرة وكلمة « قوة ضاغطة » صالحتين حتى اليوم .

واخيراً ان تجارب المغناطيسيات المكسورة حملته على اقتراح نظرية الخلوية في المغناطيسية : « اعتقد انه بالامكان التوفيق بين نتيجة التجارب ، وبين الحساب ، وذلك بادخال بعض التعديلات على الفرضيات ، وذلك مثلاً بافتراض ـ في نظام آبينوس ـ ان السائل المغناطيسي موجود في كل خلية . . . وانه يمكن ان ينتقل فيه من طرف الى طرف ، مما يعطي لكل خلية قطبين ، ولكن هذا السائل لا يستطيع ان ينتقل من خلية الى خلية .

وهكذا تحدد بوضوح ـ رغم ان الكلمات المناسبة غير موجودة في مذكرته ـ مفهوم « المغنطة » او « الاستقطاب المغناطيسي » .

وهكذا اجتزنا مع فرانكلين ، وبصورة خاصة مع كافنديش وكولومب، في مجال الكهرباء والمغناطيسية ، عتبة العلم الحديث . وهذا التطور متأخر ، بمدة قرن ـ عن تطور الميكانيك السماوي ، وعن ميكانيك الاجسام الصلبة والسوائل ، وعن قسم من البصريات . وهذا التأخر يفسر بالجدة ثم بصعوبة التجارب . ان نيوتن لم يكتشف شيئاً جديداً لا في المغناطيسية ولا في الكهربائية .

ويعزى هذا التأخير أيضاً الى ترسخ الصور الميكانيكية الموروثة عن الأقدمين ، انها صور نوعية ، وهي كما اثبت ذلك كولومب صور خاطئة بشكل بينٍ .

وفي القرن الثامن عشر اعتاد الفيزيائيون ان يستخدموا في كل المجالات « المفاعيل من بعيد » وفهموا ان المفاعيل التماسية بين الاجسام الصلبة ، التي هي اكثر الفة بالنسبة الينا ، ليست ، في عمقها ، مفهومة بصورة اكثر مباشرة وآنية . وهذا ما دلّ عليه النص التالي من موشنبروك Musschen-Brock (1739) .

« ورد اعتراض على نظام الجذب انه لا يمكن تصور تأثير جسمين احدهما على الاخر دون تماس متبادل بينهما . اني اوافق على هذا ايضاً . ولكني اعترف بدوري اني لا اعرف على الاطلاق اية فكرة عن المفعول المتبادل لاي جسم مهما كان . بالفعل ، يستحيل على الفكر البشري تصور ماهية فعل جسمين محمول احدهما تجاه الاخر ويتلامسان : لا توجد اية فكرة عن القوة التي تحركهما ، ولا تفهم كيفية انتقال هذه القوة من احدهما الى الاخر ، ولا كيفية حصول هذه القوة ، واخيراً كيف يمكن ان تتوقف هذه القوة عن العمل . ان في هذا سراً فوق طاقة فهمنا » .

وإذاً فقد نشأت الكهرباء الستاتية والمغناطيسية الستاتية قبل 1789، والقرن اللاحق لم يبق امامه الا استكمال الطرق التجريبية والحسابات النظرية .

وفيها بين 1791 و1800 اعتبر اكتشاف البطارية الكهربائية ، والكهرباء الديناميكية ، من قبل غالفاني Galvani وفولتا Volta ، حدثاً جديداً غير متوقع ، وثورة ، وتوقف عن استمرارية تاريخ العلم الذي لم تتطور نتائجه الا بعد اكتشاف التحليل الكهربائي (الكتروليز) ثم الكهرباء المغناطيسية .

ولهذا يبدو لنا انه من الافضل ربط هذا التاريخ بتاريخ القرن التاسع عشر الذي سوف نعالجه في المجلد الثالث، القسم الاول من هذا المؤلف .

الفصل الخامس :
نشأة الكيمياء الحديثة

I ـ كيمياء الغازات

1 ـ تقدم المعارف العامة

كان الاكتشاف الاهم في الفترة الممتدة من 1650 الى 1750 تقريباً ، هو اكتشاف وجود اجسام غازية متنوعة في الهواء الفضائي . وهذا الاكتشاف ادى الى قيام لافوازيه Lavoisier باعماله الكبيرة والى اصلاح كل النظام الكيميائي ورغم انه كان يكفي زعزعة الكيمياء التقليدية فان هذا الاكتشاف ربما لم يكن يقدم الاساس الكافي لبناء النظام الجديد لو لم يكن هناك تقدم في المعرفة بالنسبة الى بقية الاجسام ، وبدات الوقت .

مهنة الكيميائي ـ حصل هذا التقدم على اثر المراقبات الصبورة التي قام بها كيميائيو القرن 17 وبداية القرن 18. لقد كانت ممارسة الكيمياء ما تزال يومئذ مهنة صعبة ، وفي اغلب الاحيان محتقرة . وكان العمل في المختبر ،وصيانة النار في الافران ثم عمليات الطحن والغسل الخ . متعبة ووسخة . وكانت حروق اليدين والوجوه والثياب بالنار او بالمستحضرات الحارقة ، ثم الانتقال المتتالي من الحار الى البارد ، كل ذلك كان موضوع شكاوى الكيميائيين المتكررة حتى مطلع القرن 19 . ويعبر الكتاب عن مرارتهم انهم تعرضوا لسخرية اولئك الذين لم يفهموا الغاية من جهودهم . الا ان عدد الكيميائيين لم ينفك يتزايد بسبب الارباح المرتفعة غالباً والتي كان من الممكن تحصيلها في هذه المهنة .

فضلاً عن ذلك اصبح نشر نتائج الاعمال اكثر سهولة واكثر نشاطاً في اواخر القرن الـ17 . وقد ساعدت هذه الظروف على تكاثر الاكتشافات .

واغلب هذه الاكتشافات تناولت المركبات العادية جداً ، والمستعملة منذ زمن بعيد ، الا ان تركيبها الصحيح كان ما يزال غامضاً نوعاً ما . واخذت المواد القلوية تكتشف وكذلك المواد القلوية الترابية . وهناك معادن أخرى وأشباه معادن قد اكتشفت والعديد من الأملاح المعدنية دُرست بصورة أفضل .

معرفة المركبات القلوية والقلوية الترابية ـ هناك ملحان قلويان ـ لعبا دوراً كبيراً منذ مطلع القرن السابع عشر : سلفات الصودا وكلورير البوتاس. وقد اشهر غلوبير Glaubert الاول تحت اسم الملح المدهش او الملح بوليكرست Polycreste. ووصف وسيلة لاعدادة ، وفي سنة 1732 حدد كلود جوزيف جيوفروا Claude Joseph Geoffroy تركيبه . كما ان الفوائد الهضمية في كلورير البوتاس او

ملح سلفيوس ، كانت مقدرة جداً أيضاً ، ولكن لم يكن بالامكان اكتشاف الفرق في التركيب الـذي كان يميزه عن الملح العادي . وكان تحضير املاح البوتاس في حالة جيـدة من النقاوة قـد استكمل في القرن 17 من قبل غلازر Glaser ومن قبل تاكينيوس Tachenius . وكانت معروفة باسم املاح التارتر Tartre . وكان التارترات المزدوج من الصودا والبوتـاس قـد أعـد لاول مرة ، سنـة 1672، من قبل سينيت Seignette فأخذ اسمه . ونشر اسلوب التحضير سنـة 1731، بآنٍ واحـد من قبل ش. ج. جيوفروا C.J.Geoffroy ومن قبل بولدوك Boulduc .

وحضر اساس الملح البحري، وهو الصودا ، لاول مرة سنة 1736 من قبل دوهاميل Duhamel الذي فكك الـزاج او النيتر المقابل بواسطة الفحم . وبعد هذه الاعمال، برز التمييز بـين الصودا والبوتاس من قبـل برانـدت Brandt سنة 1746، ثم اوضحـه مارغـراف Margraff الذي ميـز بين املاحهما بفضل الحبيبات واللون الاصفر او الاحمر الـذي يأخـذه لهب كل منهـما . وسمى مارغـراف الصـودا بالقلوي الثابت شبه المعدني والبوتاس، القلوي الثابت النباتي .

وتوضحت طبيعة الكلس بتمهل اكبر. فقد اختلفت كثيراً الافكار حول تركيبه . فقد كان على العموم يصنف بين الاملاح . واكتشف تركيب الجبس سنة 1747، من قبل ماكر Macquer، الذي تعرف على وجود الآسيد سلفوريك المتحد مع الكلس، وتأكد ذلك سنة 1750 عـلى يد مـارغراف . وعملت بحوث بلاك Black حول تثبيت الغاز كاربونيك (ثاني اوكسيد الكاربون)، وتكون كربونات الكلس على اشاعة الفكرة منذ 1755، بان الكلس هو تربة قلوية .

وبذات الوقت ، عرفت طبيعة المغنيسيا . وقد مضى أقل من نصف قرن على إشاعة الصيادلة استعمال هذه البودرة المسماة المغنيسيا البيضاء ، معارضة المغنيسيا السوداء أو تربة الزجاجين (أوكسيد المانغنيز) المعروف منذ زمن بعيد . ويبدو أن المغنيسيا البيضاء قد حضرت أول الأمر في ايطاليا. وعرض الكيميائي الألماني فردريك هوفمان Friedrich سنة 1722 ، طريقة استخراجه من بعض المياه المعدنية . وتخصص بلاك في دراسة كاربونات المغنيسيا لكي يحسم نقاشاً طبياً . فعرف ماهية المغنيسيا واكتشف الغاز كاربونيك .

في تلك الحقبة، كان قد بدىء بمعرفة وجود مركبات الباريوم ، تحت مظهر « السبات الوازن » الذي كان يعتبر بمثابة سلفات الكالسيوم . وبين مارغـراف ان تحليله لا يعطي الكلس ، بـل ترسبـاً مختلفاً . في هذه الاثناء لم تعرف ماهية الباريت تماماً الا من قبل الكيميائيين من جيل شيلي Scheele .

ان التربة القلوية والقلويات الترابية ظلت لمدة طويلة تعتبر كأجسام بسيطة . واقرّ لافـوازيه الشـك حول هذا الموضوع .

اكتشاف معادن جديدة ـ بخلال القرن 18 اغتنى كاتالوغ المعادن بشكل مهم . كان الزنك معروفاً ومستخدماً منذ اقدم العصور باسم اللتون الذي كان يحضر بمزج الفحم بالكدميا او بـالحجر

الكالميني المغشى بالنحاس . وكان الزنك معروفا بالحالة المعدنية الصافية ، انما باسم الفضة الكاذبة ، وهذا يدل على مقدار البلبلة التي كانت تحيط بطبيعته . ان كلمة زنك قد استعملها سابقاً باراسلس Paracelse، ولكنها لم تستعمل بصورة شائعة الا في حوالي 1720، وعرف تحضيره بالتفكيك على الساخن ، للحجر الكالميني ثم استخلاص المعدن منه ، في اوروبا حوالي تلك الحقبة . وذكرت عدة اساليب من قبل المعدِّن السويدي سواب (1742) Swab، والكيميائي الالماني مارغراف (1746) الخ . وكان الزنك المستعمل في اوروبا حتى ذلك الحين يأتي بصورة رئيسية من الهند. واكتشفت طبيعة البلند Blende من قبل السويدي فونك Funck. اما صنع الزنك بشكل صناعي، فلم يحصل في اوروبا الا في أواخر سنوات القرن الثامن عشر .

وقد ازيل الابهام والغموض حول طبيعة البزموت في مذكرات هلوت (1737) Hellot وبوت (1739) Pott وجيوفروا Geoffroy الصغير 1753 . وأتاحت مذكرة جيوفروا Geoffroy تحديد خصائصه بدقة .

واكتشف الكوبالت والنيكل بخلال نفس الحقبة . والحقيقة ان مركباتها كانت تستعمل ايضاً منذ زمن بعيد، وقد حولت الى حالة معدنية في حقبة بعيدة جداً . دون ان يستطاع تحديد ماهية المعدن .

وعزل الكوبالت سنة 1742 من قبل برندت Brandt الذي اعطاه اسم شبه المعدن الذي استخلصه منه. واكتشف النيكل من قبل كيميائيين سويديين ، عبر تربة معدنية حمراء ، « الكنفرنيكل » . ويعود الفضل في الدراسات الاساسية حول هذا الموضوع الى الكيميائي كروتستد Cronstedt (1751) و(1754)، الذي وصف الخصائص الكيميائية والفيزيائية «للريغول» (أو النيكل المعدني) وعرف خصائصه المغناطيسية ، ولكنه عزاها الى وجود كمية صغيرة من الحديد. واستكملت معرفة النيكل بدراسات برغمان Bergman.

وأثار اكتشاف معدن جليل حماس الكيميائيين من منتصف القرن 18 ذلك هو البلاتين . وقد عرفت منه بعض العينات في اوروبا حوالي 1740. وكان بعضها مجلوباً من جامايكا ، على يد برونريغ Brownrigg الذي قدمها الى الجمعية الملكية سنة 1750. اما العينات الاخرى فجلبت من البيرو من قبل الرياضي الاسباني انتونيو ڤيلوا Antonio de Viloa. ونشرت اولى مذكرة حول البلاتين من قبل المجرب essayeur الانكليزي ، شارل وودCharles Wood سنة 1746. وفي سنة 1758، اصدر وليم لويس William Lewis عملاً مهما حول المعدن الجديد كان يسمى يومئذ البلاتين ، او الذهب الابيض أو المعدن الثامن. وبخلال هذه السنوات اهتم الكيميائيون في كل البلدان بالبلاتين ومن بينهم مارغراف، وماكر، وبومي، وبرغمان. واستعمل لافوازيه المحرق Chalumeau الايدروجيني لاول مرة، وبواسطته استطاع تبيين التركيب الصحيح للماء ، لتذويب البلاتين سنة 1783. وبحوالي اواخر القرن استعمل البلاتين لفبركة مرايا التلسكوب، ثم لمعايير النظام المتري .

ومجمل المعارف في الكيمياء المعدنية استكمل بدراسات عدة حول الاملاح المعدنية . وهكذا عرف تركيب سولفات الحديد من قبل جيوفروا الكبير سنة 1728، اما تركيب الالونات Aluns فقد

عرف بسلسلة من الاعمال امتدت حتى شملت كامل القرن 18 تقريباً ، ومعظمها يعود الفضل فيه . عموماً الى جيوفروا ، وبوت ومارغراف، وفيها بعد فوكلين . وفيها يتعلق باملاح الحديد، تمكن الاشارة ايضاً الى اكتشاف ازرق بروسيا الحاصل في برلين على يد ديسباش Diesbach سنة 1710، على اثر سلسلة من الاحداث العارضة . واحتفظ بسر صناعة هذا الملون الذي عرف في الحال نجاحاً مدهشاً. حتى سنة1724 . ونشرت عدة طرق في انكلترا ابتداء من هذا التاريخ ،ثمّ بين ماكر Macquer سنة 1752 ان التلوين يعزى الى تكون مركب حديدي ضمن وسط قلوي ، مع مادة مجهولة ، هو الآسيد برومي الذي اكتشفه شيلي Scheele سنة 1783.

وتجب الاشارة في اواخر القرن السابع عشر ، الى ظهور تحضير الاوكسيد الاحمر الزئبقي ، في الوصفات الكيميائية ، وذلك بواسطة تكليس المعدن. وهي عملية سوف تلعب فيها بعد دوراً كبيراً في تاريخ الكيمياء . فقد كانوا من قبل لا يعرفون كيف يحضرون الاوكسيد الحاصل من جراء تفكيك او ترسيب نيترات الزئبق . وقد أشار بغين Béguin الى الاسلوب عن طريق التنشيف ولكن غلازر Glaser لم يكن يعرف هذا الاسلوب على ما يبدو . ووصفه بويل Boyle وعرف ان الاوكسيد قابل للتفكيك بالحرارة . وتكلم اتمولر Ettmuller عن « الترسيب العجيب للزئبق بذاته ». وسمي هذا الاوكسيد « المترسب بذاته » .

الاسيد بوريك والفوسفور ـ واثارت حادثتان اخريان سلاسل طويلة من البحوث. وكان الاول، سنة 1702، اكتشاف الاسيد بوريك من قبل هومبرغ Homberg الذي سماه الملح المخدّر واستخرج الكيميائي الالماني هذا الاسيد الجديد من البوراكس الذي كان يستعمل منذ زمن بعيد ولكن تركيبه لم يكن بعد قد عرف . وقام على التوالي: لويس ليمري Louis Lémery، وجيوفروا البكر، وبوت ، وبارون Baron، ببحوث حول هذا الجسم . وفي حوالي آخر القرن ، اكتشف الوجود الغزير للاسيد بوريك في مياه بعض البحيرات ، وتأمن انتاجه بسهولة .

وأثار اكتشاف الفوسفور الفضول مثل ما فعل البلاتين . واكتشافه يعود الى سنة 1669، وهي السنة التي نجح فيها طبيب من هامبورغ Hambourg، براند Brand، في اعداد مادة غامضة تلمع في الظلام ، ومن هنا اسم الفوسفور الذي اطلق عليها ، وذلك بواسطة اسلوب مجهول . ونجح الالماني ج. كونكل J.Kunkel بعد عدة اسابيع في الحصول عليها وذلك بتكليس رسوب البول المتبخر . وعثر هومبرغ وبويل ، كل من جهته ، على الطريقة ، وتلقت الاسماء المحضرة هكذا ، في البداية اسماء متنوعة : فوسفور كونكل ، وفوسفور انكلترا . وظل الفوسفور عجيبة مختبر مدة طويلة ، إلى ان اذاع شيلي أسلوب سحبه من العظام . وكان حرق الفوسفور احد اوائل اهتمامات ودراسة لافوازيه .

2 ـ إكتشاف الغازات

الى جانب هذه الاعمال ، التي عملت بصورة تدريجية على تغيير كاتالوغ المركبات الكيميائية ، اشتهرت هذه الحقبة الخصبة جداً بصورة خاصة باكتشاف الاجسام الغازية . ومن اجل العثور على

اصلها تجب العودة الى منتصف القرن السابع عشر ، بل والى ابعد . وبالفعل ان مسألة مشاركة الهواء في مفاعيل الاحتراق وفي التنفس ، والذي اطلق مبعث هذه الاكتشافات ، قد بحثت بصورة خاصة من قبل الكيميائيين من جيل بويل ، ولكن كان قد مضى تقريباً حوالي قرن ونصف قرن قبل ان يشتبه بوجود الظاهرة الاساسية .

تزايد اوزان المعادن المتكلسة ـ كان من المعروف منذ زمن بعيد ان الرصاص والقصدير يزداد وزنها عندما يتكلسان في الهواء الطلق . والواقعة مذكورة في كتابات غاليان Galien وذكرها العديد من مؤلفي القرون الوسطى . وفي القرن 16 بدأ الحديث عنها يتكاثر . وحاول سكاليجر Scaliger وكارداني Cardan ، وفاكس Fachs ، وليبافيوس Libavius ، وسيزالبينو Cesalpino اعطاءها تفسيراً يرتكز على وزن جزيئات النار المتعلقة بالمعدن . وقدم بيرنغوشيو Biringuccio سنة 1540، تفسيراً مختلفاً ، حين اعتبر ان النار تطرد الاقسام الاخف من المعدن الذي يصبح بالتالي اكثر وزناً مثل جسم الحيوان الميت الذي ذهبت منه الروح التي كانت تحمله طيلة حياته . والى ان تم العثور على الحل الصحيح ، دارت كل التفسيرات المقدمة حول هذين المذهبين .

ونشر الطبيب البريغوردي ، جان ري Jean Rey، حول هذه المسألة ، سنة 1630 « تجارب » جرى الكلام حولها خلال فترة من الزمن ، ولكنها سرعان ما سقطت في النسيان . وتقوم اطروحة جان ري على ان زيادة الوزن تتأتى عن قسم كثيف من الهواء يعلق على المعدن . وقد جعلت هذه الاقسام اثقل لان الهواء تحت تأثير النار ، فقد عناصره الاخف . وبشكل آخر، ان تفسيره يتصل بتفسير بيرنغوشيو . ولم يقدم ري ملاحظات خاصة . بل استمد استنتاجاته من التحليلات الديالكتيكية . وهكذا نرى كم هو غير صحيح الزعم الرامي الى جعله طليعة لافوازيه، وهو تأكيد موجود في كل الكتابات منذ القرن 18 حتى ايامنا .

وفي نفس الحقبة تقع اعمال فان هلمونت Helmont الذي جرى الكلام عنها في فصل سابق . فكلمة «غاز» في نظره لا تمثل سائلاً هوائي الشكل بقدر ما تمثل « روحاً » بالمعنى التقليدي للكلمة ، والذي يتجلى بمفاعيل فيزيائية وفيزيولوجية . ولاحظ فان هلمونت انه (اي الغاز) يظهر في اشتعال الفحم ، وفي انفجار البارود وفي التخمير ، وفي حرق بعض الاملاح بالآسيد . وعزا اليه الاختناق في براميل الخمر وفي المغاور. وربما كان فان هلمونت الاول الذي اشار الى انه لو وضعنا شمعداناً تحت جرس مقلوب فوق وعاء ماء وبعد انطفاء اللهب فان حجم الهواء المحبوس يتدنى .

ولفت اختراع المضخة الهوائية من قبل اوتوغيريك Otto de Guericke الانتباه الى خصائص الهواء ، وفتح تياراً واسعاً من الاعمال سوف يؤدي الى نتائج مهمة جداً في الفيزياء والكيمياء ، وبصورة خاصة الى اكتشاف الغازات . اذ ساعد استعمال المضخة الماصة للهواء ان ينفذ تقنية استخدامها .

نظريات بويل Boyle، وهوك Hooke، ومايو Mayow ـ زيادة على القانون الفيزيائي

للغازات عرّفت اعمال العالم الانكليزي الكبير بالوسيلة التي تمكن من جمع الغازات في وعاء مملوء بالماء ومقلوب . وجمع بويل الغاز الذي يتصاعد من حرق الحديد بالاسيد سيلفوريك المميع ، ولكنه لم يكشف هوية الهيدروجين . وبواسطة المضخة الهوائية استطاع تحديد تأثير الهواء في الاحتراق ، حين لاحظ ان ندرة الهواء تطفىء النار ، وان عوداً من الخشب في حالة الانطفاء يستعيد اللهب عندما يدخل الهواء الجديد الى الوعاء . واجرى نفس الملاحظة في تنفس الطيور والفأر . وهكذا تعرف الى قسم من الهواء فقط يمتص بالاشتعال او بالتنفس ، واستنتج من ذلك وجود شيء ما في الهواء يغذي في آن واحد التنفس والاحتراق او النار والحياة . وبعده عبر روبر هوك Robert Hooke، وجون مايو John Mayow، عن نفس الفكرة مطلقين على هذا المبدأ اسم « نيتر الهواء » وكان بويل اقل حظاً في تجاربه حول تكلس المعادن في اناء مقفل . وقد اجرى تجاربه بمهارة كبيرة وبعناية اكبر ، فوزن المادة قبل وبعد التكلس ، وتحقق بالتجربة بدون معدن ان وزن الوعاء لم يتغير اثناء العملية . ولكنه لم يفكر في وزن الوعاء المختوم الذي يتضمن المعدن قبل تكلسه وبعده . فلم يستطع التعرف ان وزن المجموع لم يتغير وان زيادة المعدن المتكلس تتعلق فقط بامتصاص هذا المعدن المتكلس لقسم من الهواء المحبوس في الوعاء . وهكذا اقترب من الاكتشاف الذي سوف يجريه لافوازيه بعد قرن من الزمن . واكتفى بويل بتفسير صيغ قبله بفترة طويلة : ان زيادة وزن المعدن المتكلس تعود الى تعلق جزيئات من النار التي تخترق الغشاء الخارجي للاناء .

واعملت نظرية هوك ، التي صيغت بذات الوقت ، النيتر الهوائي ، او بصورة ادق مادة «شبيهة ان لم تكن هي نفسها،شبيهة بالمادة التي تعلق بملح البارود»،كمذوب لكل الاحتراقات، وتقترب نظرية مايو من نظرية بويل ، ولكن مايو اكثر دقة ووضوحاً وأكثر جزماً . إذ قال في تفسير التنفس بواسطة هذه المادة (او هذا المبدأ) المخلوطة بالهواء ، انها يمتصها الدم الذي بفضلها يتحول من دم وريدي الى دم شرياني . وفي ما خص التكلس والاحتراق ، تطلع ايضاً الى تفاعل حقيقي بين جزيئات النيتر الهوائي والانتيموان (الذي كان موضوع تجربته) او اللهب ، فاذا حرم الهواء من هذه الجزيئات لم يعد فيه قوة الحرق .

استخدام الغازات : مايو Mayow وهال Hales ـ كان مايو الكيميائي الاكثر دقة حول هذا الموضوع ، وضمن حالة الافكار العامة في زمنه حول المادة ، بدا الاكثر وضوح رؤية . وقد كان له ايضاً الفضل في انشاء تقنية حقيقية حول استعمال الغازات ، مستخدماً طاسة الماء والانابيب المحنية لنقل الغازات من وعاء الى وعاء ، كما أوجد واستكمل الوسائل المختلفة لحرق المواد او لبعث التفاعلات في انابيب التجربة المقلوبة .

وقضى مايو Mayow شاباً وسقط كتاباه بسرعة في النسيان . واستدعت هذه المسائل التي شغلت بشكل خاص الكيميائيين الانكليز ، الاهتمام القليل لدى خلفائهم . ولم تناقش النظريات التي صيغت . انها لم تكن تحوز على الاطلاق رضى اي احد ، ولكن فضلاً عن ذلك ، كانت صعوبة الخروج من هذا المأزق تثني الكيميائيين وتثبط همتهم . الا ان اساليب مايو لم تنس تماماً ولم تضع . فقد

بقي لنا منها مثلاً كتاب صغير نشر سنة 1719 من قبل فيزيائي غير مشهور هو مواترل ديليمون Moitrel d'Element وفيه يصف الاستعمالات المشابهة . وستيفن هال (1677 – 1761) هو الذي عرف حقاً بالاجهزة وبالطرق الكفيلة لجمع الغازات .

واجرى هال تجارب عديدة حول تنفس النباتات وحول التخمرات وحول كل التفاعلات الكيميائية التي تصاعد غازاً . وارسل ملاحظاته الى الجمعية الملكية . ونشر مجمل اعماله سنة 1727 تحت عنوان « فيجيتابل ستاتيك » . ونجح كتابه نجاحاً كبيراً . وترجم الى الفرنسية من قبل بوفون Buffon سنة 1735 وقرأه كل علماء القرن الـ18. وعلم فيه اساليب التعامل مع الغازات . وسنداً لاوصاف تجاربه ، من المؤكد ان هال قد حضر واستحصل على كل الغازات تقريباً التي كانت معروفة بخلال الخمسين سنة التي تلت . الا انه لم يحدد ماهية اي منها او يصفه . وتوقف تقريباً عند النظرية التقليدية التي تقول بان الغازات المجمعة في ظروف مختلفة ليست الا هواءاً افسدته مواد متنوعة . واذا كان قد عرف بان الهواء يلعب دوراً في التنفس فان التفسير الذي يقدمه عن الظاهرات ، هو اقل تقدماً من تفسيرات الانكليز من الجيل السابق . وقد افترض ان الهواء يفقد مرونته ويصبح غير صالح لنفخ الرئتين .

هل اعاق السائل الناري اكتشاف الغازات ؟ ـ ظل الكيميائيون لمدة طويلة غير قادرين على تفسير الظاهرات التي يلاحظونها تفسيراً معقولاً . وقد عُزي في الغالب الى نظرية السائل الناري هذا النوع من العقم امام مسائل الغازات . والحقيقة ان شيئاً من هذا لم يكن . لا شك ان نظرية ستاهل Stahl قد بلورت وقننت ضمن صيغة حديثة مجملاً من المفاهيم التقليدية ، وساعدت على استمرار حالة ذهنية لم تساهم هي في انشائها . ولكن ، حتى ولو لم يكن للسائل الناري اي نجاح ، كان له في السابق ، فان المفاهيم التقليدية لم تصب بأي نظام آخر بديل كما اصيبت به . وكانت سيادة السائل الناري قد طالت دون ان يعارضها اي نظام آخر .

وقد انهارت مملكة السائل الناري منذ ان استطاع لافوازيه فتح باب المناقشة لصالح نظريته الخاصة . واذا كان الصراع عنيفاً فهو لم يطل : 10 سنوات فقط . والتأثير السيء للسائل الناري على تقدم الكيمياء ليس الا خرافة . فهذه النظرية بصورة خاصة لم تؤخر على الاطلاق اكتشاف الغازات ، اكتشافاً تم على يد القائلين بالسائل الناري المقتنعين .

الهواء الثابت ـ لم تكن مسألة دور الهواء في الاحتراق او في التنفس هي التي ادت الى النتائج الاولى الايجابية ، في هذا المجال ، بل مسألة تكون غاز الكربون وتثبيته. لقد تطورت دراسة المياه الطبيعية طيلة النصف الاول من القرن الثامن عشر . وقد استطاع فينيل Venel الذي نشر عدة مذكرات حول هذا الموضوع ، ان يحصل على الغاز الكربوني دون ان يعرفه . ويعزى هذا الاكتشاف إلى الكيميائي الاسكتلندي جوزف بلاك JosephBlack . وقد أضفى بلاك على الكربونات القلوية ملاحظاته التي اجراها حوالي 1755 على كربونات المنغنيز والكلس وحدد الظروف التي ينشأ فيها الغاز الكربوني : مفعول النار ، ومفعول الاسيدات . وعرف ان هذا الغاز مستوعب بالمحلولات

القلوية ، وانه يرسب ماء الكلس ، ويحرمه من قوته الحارقة . وبسبب اساليب تحضيره ، سمى هذا الغاز بالهواء الثابت[1] .

وتفوق بلاك على سابقيه بدقة وصحة ملاحظاته ثم بتأكيده ان الهواء الثابت هو جسم يختلف عن الهواء الفضائي . وقلب هذا المفهوم الافكار المستقرة . ورغم رفض العناصر الارسطية منذ قرنين ، فقد ظلت تحتل مكانة ممتازة في عقول الكيميائيين . ولم تعد تعتبر تقريباً كمبادىء مكونة للمادة ؛ والنار لم تعد تحتفظ الا بصفة جسمانية غير معترف بها . واذا كانت الارض قد فقدت واحديتها ، فان الامر لم يكن كذلك بالنسبة الى الهواء والماء . وقامت المناقشات الحامية حول نظرية بلاك . لقد درس الكيميائي الايطالي « دي سالوس de Saluces» غازات بارود المدافع قبل ان يعلن بلاك عن اعماله بقليل . وبعد عدة سنوات اعترف الاسكتلندي ماكبريد Macbride أن الهواء المتصاعد أثناء التخمرات هو هواء ثابت[1] .

وناقضت نظرية ملائمة للتصورات التقليدية نظرية بلاك ، وكان القائم بهذا صيدلي من أوسنا برك Osna Brük ، فردريك مير Friedrick Meyer ، الذي أوجد لهذه الغاية كائناً جديداً ، قريباً من (الفلوجيستيك) أو السائل الناري هو « الأسيد البنغي » . هذا الأسيد ، الذي تمتصه كاربونات الكلس أثناء تكلسها ، يحولها إلى كلس حي . فإذا انفصل (الأسيد) عن الكلس ، تسبب بتحوله إلى كاربونات . ونشرت نظرية مير سنة 1764 ، فحاربها أستاذ من فيّنا ، جاكين Jacquin . وإن هي وجدت من يدافع عنها ، وخاصة في ألمانيا ، فإنها لم تكن إلا ذريعة نقاش استعملها الخصوم المتزمتون للهواءات .

الهواء القابل للاشتعال : في حين كان هذا النقاش يتتالى ، عرف هنري كافنديش Henry Cavendish الهيدروجين سنة 1765 . والهيدروجين ، كما هو حال الغاز الكاربوني ، قد سبق وحُضّر كثيراً .

وكان من المعروف بشكل خاص أن حرق الحديد بالاسيد الكبريتي ، المجمع يتسبب في تشكيل هواء . واقرّ كافنديش بوضوح خاصيته الاحتراقية والانفجارية عندما يمتزج بالهواء الفضائي ، وسماه بالهواء القابل للاحتراق . وحدد ذوبانيته، كما عمل ، بخلال السنوات اللاحقة ، على تحديد الثقل النوعي وذوبانية الغاز الكاربوني . وكان هذا الاكتشاف الجديد سبباً في مناقشات أخرى ؛ فقد كانت هناك عدة هواءات قابلة للالتهاب معروفة : منها التي تتصاعد من تقطيرات النباتات ، ثم الهواء الذي يتصاعد من صب الأسيد الكلوريدري على الزنك . ومع ذلك ظلّ هناك نوع من الالتباس والغموض يسود ، ولمدة ، موضوعها .

---

(1) إن كلمة غاز التي استعملها فان هلمونت Van Helmont لم تشع في الإستعمال . وكل الغازات التي اكتشفت بعد بلاك ، سميت أولاً « الهواءات » . وماكر هو الذي أشاع استعمال كلمة غاز بالمعنى الحديث في قاموسه الكيميائي المنشور سنة 1766 .

وحقق كافندليش أيضاً تقدماً كبيراً ، بالتحكم بالغـازات عن طريق ادخـال طاسـة الزئبق التي أتاحت للكيميائيين أن يحصلوا على الغازات القابلة للذوبان في الماء والتي ظلت لفترة تفوتهم .

اكتشـافات بـرستلي Priestley : لقـد استيقظ فضول جـوزف برستـلي (1733-1804) نحـو الكيمياء في ذلك الحين . وهذا الحدث طبع بعمق تاريخ الكيمياء . لقد اهتم الـلاهوتي الانكليـزي بالفيزياء ، ووجود معمل للبيرة قرب منزله دفعه الى العودة الى دراسة الغاز الكاربوني . كان بـرستلي يمتلك موهبات المجرب والملاحظ التـي أتاحت لـه بسرعـة اكتشاف عـدة غازات جـديدة بـوسائـل متواضعة نسبياً . وبدا ، بفضل أهمية اكتشافاته كاحداكبـر الكيميائيين في تلك الحقبة . إلا أنه لم يكن يمتلك عقلية علمية حقة .

لقد كان مدفوعاً بالهام أكيد ، فكان يجرب بمهارة ، إنما ، بحسب الصدفة تقريباً ، « ليرى » ما هي نتـائج التجـربـة . ولم يهتم الا « بـالهـواءات » . ولم يعـو ادنى الاهتمـام للمـردودات التي يمكن لاكتشافاته الخاصة أن تحدثها في النظرية الكيميائية . وكان مقتنعاً بفخامة نظرية ستاهل Stahl ، وظل نصيراً لها لا ينثني .

ولم يدم ولعه بـالهواءات إلا حـوالى عشر سنين . ورغم استمـراره في العنايـة بمختبره ، ورغم متابعته باهتمام التغييرات في الكيمياء ، مناقضاً لافكار لافوازيه Lavoisier ، إلا أنه قلما كرس نفسه للبحث الكيميائي بعد سنة 1777 ، وهناك مزية أخرى من مزايا برستـلي ، وهو عجلتـه في التعريف بملاحظاته . فمنذ آذار 1772 ، قدمها للجمعية الملكية ، تم نشرها في ستة مجلدات صدرت سنة 1774 و1777 تحت عنوان : « تجارب وملاحظات حول مختلف أنواع الهواء » .

باشر برستلي أولاً في التجارب حول الهواء الثابت ، والتي نفذت قبله ونشر في سنة 1771 كتاباً صغيراً حول تحضير « ماء سلتز » . وأدت به هذه الاعمال الى ملاحظة مفاعيل الغاز على التنفس وعلى الاحتراق وكانت نقطة انطلاق السلسلة الرائعة من البحوث التي كانت خاتمتها اكتشاف الاوكسجين .

وبعد أن عرف أن التنفس والاحتراق لا يحصلان في هواء فاسد ، حاول أن يوضح كل الظروف التي تفسد الهواء . وفي سنة 1772 جمع بصورة متتابعة الهواء الآسيـد (الاسيد كلوريـدري الغازي) والهواء النيتري (بيواوكسيد دازوت) ، وكان هذا الاخير يحصل بفعل الاسيد نيتريك على النحاس أو الـزئبق ؛ وفي سنة 1772 ، حصـل على الهـواء النيـتري غـير النـاري (بـرتـوكسيـد دازوت) وعـرف خاصيته المساعدة على الحريق . واكتشف أن الهواء النيتري اذا وضـع مع كميـة من الهواء الفضـائي الموزونة فهو يحدث نقصاً في الحجم ، وهذا لا يحدث مع بقية الغازات المعروفة . وهذا التفاعل المهم استخدم بعد هذه الحقبة لاكتشاف وجود الاوكسجين وتقديره في الخلائط الغازية .

إلا أن وجود الاوكسجين كـان ما يـزال مجهولاً ، وظـل الهواء الفضـائي في نظر الجميـع جسماً بسيطاً . وحكاية هذا الاكتشاف هي إحدى أهم المراحل في تاريخ الكيميـاء ، ومع اكتشـاف تركيب الماء ، يُعتبر هذا الاكتشاف واحداً من الاكتشافـات التي أثارت الكثير من المناقشـات المفضلة . وقد

جرت مناقشات طويلة لمعرفة من الذي اكتشف الاوكسجين برستلي أم لافوازيه . وهذا الأخير لم ينكر أبداً أن زميله الانكليزي كان له الفضل الأكبر في هذه القضية . ولفهم كيفية حصول الاكتشاف يتوجب في البداية تتبع تسلسل الاحداث .

الاعمال الاولى التي قام بها لافوازيه Lavoisier حول الاكسدة : بدأ لافوازيه حوالى 1771 يهتم بدور الهواء الفضائي في تفاعلات التأكسد : احتراق الماس ، ثم باحتراق الكبريت والفوسفور . وبعد نهاية سنة 1772 ، حصلت عنده القناعة بأن الكبريت والفوسفور يحترقان بامتصاص الهواء . وفي السنة التالية ، أجرى العديد من التجارب حول تكلس المعادن : الزنك ، التوتيا ، الرصاص ، وحول تحول اوكسيداتها . وعاد إلى موضوع مبحوث منذ زمن بعيد فبحثه بشكل منهجي ، مكرراً كل ملاحظات الكيميائيين الذين سبقوه وجدد فيها . وفي مطلع 1774 نشر مجمل المذكرات التي قرأها أمام أكاديمية العلوم ، تحت عنوان : وسائل فيزيائية وكيميائية . كان يعرف أن الهواء الفضائي يعلق على المعادن عند تكلسها ، ولكنه لم يتوصل إلى تحصيل وتحديد ماهية هذا الجزء . وكان حَرِجاً من فكرة أن هذا الهواء المجهول هو الغاز الثابت ، الذي كان يظنه منبثقاً من الاوكسيدات المتفككة بفعل الحرارة ، كما يتصاعد من الكاربونات .

حكاية الاوكسجين ـ هذا الحدث ولَّد المنازعات الاكثر جدية بين المؤرخين (مؤرخي الكيمياء) . لا شك أن الاوكسجين قد نتج عرضاً ، على يد العديد من الكيميائيين الذين جهلوا وجوده قبل أن تتحدد ماهيته بصورة نهائية . ودراسة أعمال شيلي Scheele من قبل المؤرخين السويديين أتاحت لهؤلاء أن يتأكدوا أن مواطنهم قد حضَّر قبل 1773 غازاً عرف فيما بعد بأنه الاوكسيجين . ولكن نتائج شيلي لم تنشر إلا في سنة 1777 ، ولم تنشر أية معلومات عنها ، من خلال المراسلات قبل هذا التاريخ .

لا منازع في أن برستلي هو الاحق بأن تعزى اليه أولى الطرق المعلنة ، التي أدت الى اكتشاف وتحديد ماهية الاوكسجين . فقد لاحظ في أول آب 1774 ، ان اوكسيد المركور (الزئبق) المسمى « المترسب بذاته » قد تصاعد منه ، عندما يحمّى ، هواء غير معروف يمتلك خاصية تضريم الاشتعال . وظن أنه أمام بروتوكسيد دازوت ، وكان يعرفه منذ أقل من سنة . وخلال إقامة له في باريس بخلال تشرين الأول 1774 تحادث الى لافوازيه عن أعماله ، وأسر له عن تجاربه حول اوكسيد الزئبق وحول المينيوم (أوكسيد الرصاص) .

ولم يستعد الكيميائي الفرنسي ، في الحال ، تجارب برستلي ؛ وإذا كان قد أجرى في شهر تشرين الثاني تجارب حول اوكسيد الزئبق الاحمر ، فإنه لم يستخلص منه أية نتيجة . لقد كان فكره مشغولاً بتحرير مذكرة مهمة جداً حول تكلس القصدير في إناء مقفل ، وحول سبب تزايد أوزان المعدن ، ليقدم هذه المذكرة في 12 تشرين الثاني سنة 1774 الى اكاديمية العلوم . وكرر لافوازيه التجربة التي أجراها بويل حول هذا الموضوع ، وكان أكثر إلماماً وإضطلاعاً من العالم الانكليزي فاستطاع أن يبين أن زيادة الوزن تعود الى تعلق الهواء الموجود في الوعاء المقفل لا إلى تشبث جزيئات النار . وهكذا استطاع

لافوازيه أن يعزل الازوت ، وكان يسميه المادة « الترسبية » ، كما حاول أن يحدد خصائصه الكيميائية .

وابتداءً من شباط 1775 عاد الى تجاربه حول الاكسيد الأحمر الزئبقي . وبذات الوقت كان الكيميائيان ، الانكليزي والفرنسي يجريان نفس الملاحظات . وفي 8 آذار لاحظ برستلي Priestley أن الاوكسجين (وكان يسميه الهواء الناري) يغذي التنفس ، وأرسل بهذه الملاحظة الى الجمعية الملكية . وفي 25 أيار من نفس السنة أجرى لافوازيه بشكل مستقل نفس التجربة ، بعد برستلي .

والواقع أن الموضوع كان مطروحاً على بساط البحث وكان هناك كيميائيون مشغولون بتجارب من نفس النوع . في فرنسا درس الصيدلي العسكري باين ترسبات أوكسيد الزئبق من محاليل املاحه ، ثم فككها بالحرارة دون أن يفترض أنها تعطي غازاً مجهولاً . وفي السويد كان شيلي ، وهو معزول تقريباً عن عالم العلم ، يقوم بنفس الابحاث . وقد حضر الاوكسجين انطلاقاً من أكسيد المنغنيز ، وتوصل الى نفس نتائج لافوازيه وبرستلي في مطلع عام 1775 .

أعمال شيلي Scheele حول الهواء ـ كان ولیم شيلي (1742-1786)صيدلانياً في ستكهولم . ولم يكن بحوزته الا أدوات بسيطة للعمل . واضطر الى تكريس معظم وقته لمهنته . وتضعه الصدف على علاقة مع برغمان Bergman . وعرف في الاوساط العلمية السويدية ابتداء من 1770 ولكن أعماله لم تصل الى البلدان الاخرى إلا ابتداء من 1777 . وقد اكتشف أن الهواء يتألف من غازين أحدهما لا يتآلف اطلاقاً مع « السائل الناري » في حين الآخر كان يجتذب هذا « السائل الناري » . وتعرف على وجود الاوكسجين بجعل الكبريت والفوسفور يمتصانه . وكان تحديد خصائصه صحيحاً ولكن التفسير الذي قدمه لم يكن ليفيد في تقدم النظرية الكيميائية . وسمى الاوكسجين « بهواء النار » ، وجعل منه ، مع السائل الناري مركباً للحرارة وللضوء . والواقع أن كتابه الكبير « بحث كيميائي في الهواء والنار » لم ينشر باللغة الالمانية إلا سنة 1777 وترجم الى الفرنسية سنة 1781 . ولم يساهم في حركة الافكار التي كانت يومئذ تخص الكيميائيين .

إلا أن ما قدمه شيلي لتقدم الكيمياء يبقى ضخماً ، ليس فقط من خلال أعماله حول الاوكسجين ، بل بعدد كبير جداً من الاكتشافات المهمة التي سوف نعود إليها .

تأويل خصائص الاوكسجين ـ لم يكتمل تاريخ الاوكسجين فعلاً إلا بحوالى 1785 . ولكنه بعد 1775 ، كان الاساسي منه قد حصل . كان برستلي أول من تعرف على دور الهواء « غير الناري » في تنفس النباتات . وتضمنت مذكراته ومذكرات لافوازيه وصفاً شبه كامل للاوكسجين وللآزوت . إلا أن لافوازيه وحده كانت لديه رؤية صحيحة حول طبيعتها . فبالنسبة الى برستلي وغيره من الكيميائيين في تلك الحقبة ظل الهواء الفضائي جسماً بسيطاً . والاوكسجين ، بحكم الحصول عليه عن طريق تسخين اكسيدات الزئبق والرصاص لم يكن إلا هواءً فضائياً قد تركه سائله الناري لينتقل إلى هذه الاكسيدات ومن هنا قيل عنه أنه هواء غير سائلي والازوت (وهو هواء مسيل نارياً) كان القسم من الهواء الفضائي الذي لا يمكنه الانفصال عن السائل الناري . وبقي الناس عند هذه المفاهيم

التقليدية . وكانت هذه المفاهيم تثقل بكل وزنها التفسيرات للظاهرات الكيميائية الأخرى كما كانت تؤثر في شرح طبيعة كل الاجسام المكتشفة من جديد .

وأطلق لافوازيه على الاوكسجين اسم الهواء الحيوي ، وسمى الازوت باسم المادة الترسبية . وفي سنة 1776 اجرى التجربة الشهيرة وبخلالها امتص الاوكسجين من حجم معين من الهواء ، عن طريق الاحماء المستديم للزئبق ، ثم بعدها مرر هذا الاوكسجين بتفكيك الاكسيد المتكون ، ثم أعاد تكوين الهواء الفضائي .

وهذه المرحلة التي تتابعت فيها وترافقت أعمال العديد من كبار الكيميائيين بحيث كمل بعضهم بعضاً ، هذه المرحلة توضح تماماً معنى كلمة اكتشاف بالكيمياء . فهذا الاكتشاف قد حصل بخلال عدة مراحل ، إذ لا يكفي عزل جسم ما حتى يقال بأن الفاعل قد اكتشفه . بل يتوجب أيضاً تحديد ماهيته بالتعرف على خصائصه الفيزيائية والكيميائية وبالتالي التعرف على طبيعته الحقة . ونادراً ما كان اكتشاف مهم من فعل عالم واحد . وفي ما خص اكتشاف الاوكسجين من المسموح به الظن بأن برستلي ولافوازيه قد شاركا فيه بحصص متساوية .

3 ـ تحولات النظام الكيميائي

انطوان لوران لافوازيه Antoine Laurent Lavoisier ـ دخل لافوازيه ، بأعماله حول تركيب الهواء الفضائي ، في المرحلة الناشطة من أبحاثه . كان عمره يومئذ ثلاثاً وثلاثين سنة ؛ لانه ولد في 26 آب سنة 1743 .

وبعد دراسته للحقوق دخل الى ادارة « المزرعة العامة » حيث تلقى مساهمة مالية . وفي سنة 1768 ، تزوج من ابنة مدير شركة الهند ، المزارع العام ، وكان اسمها ماري آن بولز Marie-Anne Paulze ، وعمرها ثلاث عشرة سنة ، وتبين أنه اداري كبير ، وساهم بدور كبير جداً في إدارة « المزرعة » . وفي 1775 عينه تورغو Turgot قيماً عاماً على البارود والنترات . وبفضل الاصلاحات التقنية التي أدخلها على هذه الادارة حصلت جيوش الثورة فيما بعد على البارود الجيد . وكان ينتمي الى هذا القسم من البورجوازية الكبيرة التي استقبلت بمحبة وتعاطف التغييرات الأولى التي أدخلتها الثورة . وساهم في الحركة السياسية دون أن يحتل مركزاً مهماً . كان من أنصار الملكية الدستورية ، ولذا ترك بصورة كاملة الشؤون العامة ، عندما بدأ الصراع بين الرأي العام والملكية يتكون . ولكنه شارك الى حين أعتقاله ، في نشاط العديد من الأجهزة الرسمية ذات الصفة التقنية والعلمية . وقد أولت بشكل مختلف جداً ، عملية توقيفه وإعدامه مع القيمين العامين زملائه في 8 أيار 1794 ، إن إعدامه هو عمل ثوري لم يكن ليؤثر فيه كونه كيميائياً ، لا سلباً ولا ايجاباً . ومن اجل القضاء على بعض الاساطير الراسخة يجب التذكير أنه لم يتح له ان يطلب الامهال حتى يتابع أعماله ، وإن الجملة التي شاعت كثيراً « أن الثورة ليست بحاجة الى العلماء » والتي نسبت الى رئيس المحكمة لم تلفظ .

لقد شمل نشاط لافوازيه العلمي مجالات متنوعة ، ولكنها كلها ذات علاقة بالكيمياء . وبعد أن إهتم بالجيولوجيا ، يبدو وكأنه ربما تصور باكراً ، حوالى 1770 ، إخراج الكيمياء من المأزق الذي كانت مجمدة فيه . فقد قرأ كل ما كتب ، وإهتم بشكل خاص في المراحل الأولى من إكتشاف الغازات . وبدت له مساهمة الهواء ببعض التفاعلات الكيماوية المشكلة الاهم التي يجب حلها . ولكنه توقع ، فضلاً عن ذلك ، أن هذه الكيمياء الجديدة، التي كانت تبنى يومئذ ، كيمياء الغازات ، كانت ذات شأن في احداث الانقلابات الكبرى في نظرية المعارف وتفسيرها .

كتب على احد دفاتره المختبرية برنامج عمل مستوحىً من الهام رائع ومن وضوح في الرؤية عجيب ربما يعود الى 20 شباط 1773[1] .

التجريبي - الشيء الذي يميز لافوازيه عن معاصريه ، هو موقفه من الافكار المقبولة ، وبصورة خاصة نظرية « السائل الناري » (فلوجيستيك) ، وحرية فكره أمام مسألة الطبيعة . إذ يبدو ، بهذا الشأن ، أنّه التجسيد الأكثر كمالا للباحث الديكارتي ، كما عرفه فيلسوف في القرن 17 ، وبالشكل الذي ربما لم يعرض بعد .

ولكن رفض كل شيء لم يثبت بالتجربة يتطلب أيضاً هذه المسلمة وهي أن تكون التجربة قد جرت في ظروف بحيث تكون نتائجها غير قابلة للنقاش . وكان هذا صفة أخرى من صفاته الرئيسية في تصور وتنفيذ مثل هذه التجارب .

ومنذ بداية عمله العلمي ، بعد 1768 تفحص مسألة تحويل الماء الى ارض . فمنذ زمن بعيد ، كان من المقبول ، (بويل قد أثبت ذلك على ما يبدو) أن الماء اذا حمي في إناء تحول الى تربة ، ولو بقسم يسير . وأجرى لافوازيه التجربة ، وبفضل طريقة دقيقة في الوزن ، بين أن البقية الترابية تتأتى من الإناء وليس من الماء . وبنفس الحقبة قدم شيلي نفس الإثبات إنما بطريقة كيميائية ، وذلك عندما عثر من خلال التحليل في الترسب الترابي ، على مكونات الزجاج . كما أن تجاربه ، (اي لافوازيه) حول تكلس القصدير أتاحت تصحيح نتيجة خاطئة توصل إليها بويل ، وذلك عندما بين أن زيادة وزن المعدن تأتي من الهواء لا من النار .

وأتاح له موقفه غير المنحاز وطريقته ، بسرعة معرفة عدم الحاجة الى الاستعانة بكائن افتراضي لتفسير التفاعلات الكيميائية . في بادىء الأمر اكتفى بالسكوت على مبدأ ستاهل . ولكن سرعان ما لوحظ الأمر ، فأزعج الكيميائيين المتحمسين المحنكين . وفهم لافوازيه قوة الافكار المترسخة التي كانت تبقى على السائل الناري . لقد شعر بدون شك أنه لا يكفيه تجاهل هذا السائل بل عليه أن

(1) التاريخ الذي دونه لافوازيه هو « 20 شباط 1772 » . ولكن براهين متنوعة بدت وكأنها تثبت أن هناك خطأ بسنة (راجع هـ . غرلاك H.Guerlac ، في « صحيفة تاريخ الطب » XII, V ، 1957) .

بجاربه . ومع ذلك فقد التزم جانب الحذر الواعي قبل أن يعلن قناعته وقبل أن يحصل على البراهين القاطعة[1] .

تكوين الاسيدات ونظرية الغازات ـ لم يكن اكتشاف مكونات الهواء كافياً يومئذٍ من أجل وضع نظرية أكثر اقناعاً من النظرية السائدة . إن دور الاوكسجين في الاحتراق وفي التنفس كان يُفسر من قبل كل الكيميائيين الاخرين ، عن طريق الاستعانة بالسائل الناري . وبعد سلسلة من الأعمال ، الموضوعة سنداً لمنطق مدهش ، نفذت بين 1775 و1777 ، درس لافوازيه تركيب الاسيدات اي الحوامض . وبَيّنَ أن تحول المعادن الى كلس ، وتحول أشباه المعادن (التي لم يكن اسمها الخاص معروفاً بعد) إلى أسيدات ، هذا التحول يُعزى الى امتزاج الجسم المحروق بالاوكسجين ، وإن الاملاح كانت مكونة باجتماع هذين المستحضرين بفعل الاحتراق . وبخلال الحقبة نفسها ، شرع في وضع نظرية حول الغازات أوضحها في السنوات التالية .

وهذه النظرية تدخل مبدأ الحرارة ، وقد سماها « السُعرية » (كالوري) . وكما هو الحال بالكهرباء والضوء اعتبرت السُعرية بالنسبة الى لافوازيه عنصراً أساسياً في الطبيعة . وعندما وضع مع غيتون دي مورفو Guyton de Morveau جدول المواد الحديث جعل الاسيدات في طليعة العناصر البسيطة . أما الغازات فكانت مركبة برأيه من أجسام مُتحدة بكمية كبيرة من السُعرية . من ذلك ان الاوكسجين مؤلف من مبدأ الاوكسجين المقرون بالسعرية . وهذه النظرية حول الغازات ، كانت موسومة ، من جهات عدة بالتصورات التقليدية ، ولكنها لم تكن تعيق تطور نظرية متماسكة ، وعندما تم التخلي عن الصفة المادية للحرارة ، بصورة نهائية ، زالت نظرية الغازات دون أن تؤثر تأثيراً خطيراً في مجمل النظام الكيميائي .

وانتقدت النظرية الجديدة للاسيدات ، بمقدار ما كان السائل الناري غريباً عنها ، وبمقدار ما دخل الاوكسجين فيها كعنصر بسيط . والشكوك حول حقيقة السائل الناري التي عبر عنها لافوازيه Lavoisier علناً بعد 1777 ، بدت (اي هذه الشكوك) عارية من الاساس ، لدرجة أنها بدت غير خطيرة .

---

(1) قبل هذه الحقبة بكثير نشر الروسي م . آ . لومونوسوف M. A. Lomonossov (1711 - 1765) ، أعمالاً تتضمن استباقات رائعة ، فقد وجدت عنده فكرة التشكل الذري للأجسام ، وكذلك فكرة الطاقة الحركية المسببة بالفعل الإضطراب الخلوي . وقد عرف لومونوسوف Lomonossov زيادة أوزان المعادن المتحولة إلى كلس ، فرفض ، بعد 1756 ، نظرية السائل الناري . ولكن للأسف لم تعرف كتاباته التي وضعت باللغة الروسية من قبل الكيميائين الغربيين في البلدان الأخرى . إذ لم يرد لها ذكر على الإطلاق في الاداب الإنكليزية والفرنسية والألمانية في ذلك الزمن . ولا نشك أن نشر أفكاره يومئذٍ كان ساعد على التسريع في حصول النظام الكيميائي الحديث .

وفيما بعد نشر غيتون Guyton رسالة من ماكر Macquer ، وكان أحد المعلمين الاكثر احتراماً في ذلك الزمن، عبر فيها، بعد أن سمع سنة 1778 بمذكرة صادرة عن لافوازيه ـ عن ارتياحه : كتب يقول «اين كان يمكن أن نكون مع كيميائنا القديمة ، إذا كان من الواجب اعادة بناء مختلف تماماً ؟ بالنسبة الى أني أعترف بأني كنت تخليت عن المشروع كله » .

تعبر هذه الجملة بشكل كامل عن موقف الكيميائيين في القرن الثامن عشر ، وتعرف بطبيعة المناقشات التي قامت بعد ذلك بقليل . فالرجال المتقدمون في السن رفضوا باصرار الافكار الجديدة ؛ إن الكيميائيين الشُبان هم الذين نجحوا نظريات لافوازيه .

طبيعة الماء ـ قامت إنطلاقاً من 1783 معركة حامية حول طبيعة وحول تركيب الماء . وهذا الموضوع طرح على بساط البحث ، كما طرح قبل ذلك بـ 10 سنين موضوع تركيب الهواء . هناك العديد من الملاحظات ، تعزى بشكل خاص الى ماكر ، بينت ان احتراق الهيدروجين يولد تشكل حُبيبات الماء . وقد جرت محاولات متقطعة ، ثم تركت . وقد تضايق لافوازيه ، في بادىء الأمر ، عند محاولته حل هذه المسألة ، من فكرة ، تتطابق مع نظريته ، ومفادها ان الهيدروجين عندما يحترق ينتج مركباً اسيدياً ، وهذا عائق يشبه العائق الذي حجب عنه لفترة من الزمن وجود الاوكسجين .

وكان الفيزيائي الانكليزي هنري كافنديش Henry Cavendish أول من لاحظ ، مستعيناً على دمج الهيدروجين بالاوكسجين ، بواسطة الشرارة الكهربائية ، إنهما اي الاوكسجين والهيدروجين يتحدان بنسب أحجام معينة ، ليولدا الماء . ووصل خبر هذه التجربة الى باريس في شهر حزيران 1783 . واعاد تكرارها لافوازيه ولابلاس في الحال وأكدا بذات النهار : « أن الماء ليس مادة بسيطة ، بل هو مُرَكَب ، وزناً بوزن ، من هواء قابل للاحتراق ومن هواء حيوي » . وكانت المشادة حول هذا الموضوع حادة جداً. مقابل الهجمات القوية التي قام بها لافوازيه ضد السائل الناري ، كانت الاجوبة لا تقل حدة . وبالفعل لو لم يكن الاوكسجين الا هواء عارياً من السائل الناري ، فإنه يتلقى هذا السائل من الهيدروجين عند الاحتراق ، مما يولد الماء .

وهذا الأخير قد يبقى عنصراً بسيطاً . وبقي كافنديش عند هذا التفسير الذي يضم جوهر كل الاشياء ، وهكذا كان لافوازيه ، كما هو الحال بالنسبة الى تركيب الهواء ، الوحيد الذي عرف الطبيعة الحقة للظاهرة . إن المقارنة مع واقعة الهواء استكملت عندما علم في شهر آب التالي ، أن غسبار مونج Gaspard Monge قد حقق تركيب الماء ، في شهر حزيران ، بدون أن يعرف بأعمال كافنديش ولابلاس ولافوازيه .

وفي سنة 1783 كانت أيضاً السنة التي اكتشف فيها الاخوان مونغولفيه Montgolfier القوة الصاعدة في المناطيد المسماة اروستات . وصعد الفيزيائي شارل ، مرفوعاً ببالون منفوخ بالهيدروجين، وعينت الجمعية الملكية للعلوم لجنة مكلفة بدراسة تحسين الآلات الجديدة . وعمل مونيه مع لافوازيه في البحث من أجل أفضل وسيلة لتحضير الهيدروجين . ولهذا درس الكيميائيان

تفكيك الماء بالحديد المحمى لدرجة الاحمرار ، وحضروا أجمل تجـربة في تـاريخ العلوم . ونفـذت هذه التجربة في 27 و 28شباط وفي أول آذار 1785في مختبر لافوازيه في الارسنال Arsenal ؛ بحضور جمهور كبير من العلماء . وبعد أن فكك الماء بالحديد الاحمر وحصل على الهيدروجين المتصاعد نفذ لافوازيـه ومونيه حالاً تركيبه في بالون مزود بصنبورين حيث كان الهيدروجين يشتعل بواسطة شرارة كهربائية . أما قياسات الاحجام والاوزان فقد جرت بدقة بحيث ينتفي كل شك حول طبيعة الماء وتركيبه .

إلا أن الرأي العلمي قاوم لعدة سنوات . وحتى مـطلع 1787 بقي لافوازيـه وحيداً تقـريباً في اقتناعه بقيمة نظريته . وكان أول المنضمين إليه ، ليس الكيميائيون ، بل الرياضيون . فقد كان هؤلاء لا يأبهون بنظرية السائل الناري . بل كانوا مأخوذين بمظهر آخر من مظاهر الكيمياء في ذلك العصر وهو الألفة أو التعاطف . فقد كان لابلاس وكوزان ومونج ومونيه على أفكار لافوازيه ، ولكن لم يكن لهم أن يدافعوا عنها . أما الكيميائيون الأوائل المنضمون فهم شبتال وفوركروا ثم برتولي وغيتون .

الجدول الكيميائي الحديث (نومونكلاتور) - كان غيتون دي مورفـو Guyton de Morveau محامياً في بـرلمان ديجـون Dijon ، وكان قـد نشر عدة أعمـال شخصية لم تتـرك أثراً في تـاريخ الكيمياء . وكان فضله الكبير أنه كان أول من خطرت له فكرة إجـراء اصلاح جـذري على الجـدول الكيميائي ، ونشر مذكرة حول هذا الموضوع أعلن فيها المبادىء الاساسية التي يجب أن يرتكـز عليها الجدول المنهجي . ثم ذهب يعمل خـلال فترة ، مـع لافوازيـه حتى يتأكـد من صحة نـظريته ولكي يستكمل مشروعـه . وفي هذا الـوقت اعتمد النـظام الجديـد الذي بـدأت تسميته تعـرف بالكيميـاء الهوائية ، لأنها كانت مؤسسة على الخصائص الكيميائية للغازات . ووضع الجدول الكيميائي في مطلع 1787 من قبل لافوازيه وغيتون وقد ساهم معهـا برتـولي Berthollet وفوركـروا Fourcroy وكذلـك الرياضيون الذين كانوا يزورون بصورة إعتيادية مختبر الارسينال Arsenal .

وعمل تقديمه الى الاكاديمية في شهري نيسان وأيار ، ثم نشـره في شهر آب 1787 تحت عنـوان تجربة في الجدول الكيميائي ، على إنجاح الكيمياء الحديثة . فهو اي الجدول أعطى للكيمياء لغة بقيت في جوهرها ، اللغة التي ما نزال نستعملها والتي كانت خير وسيلة لانتشارها .

أعمال لافوازيه Lavoisier الاخيرة - لقد توقفت أعمال لافوازيه بعد بضعة سنوات من وضع النظام الكيميائي الحديث . وكان عمله بأكمله مخصصاً لهذه الغايـة . وبالـطبع بعـد أن رسمت هذه النظرية الواسعة أولى معالمها ، عمل لافوازيه على تمتينها واستكمالها وإنجاحها . ولكنها لم تكن بالنسبة إليه إلا جهداً مستمراً في الاكتشاف. وكانت تطلعـاته تـذهب الى أبعد من نـظام في كيمياء الاجسـام الجامدة ، نحو رؤية كاملة لكل تكوين الكائنات الحية .

فقد أخذ التنفس عنـد الحيوانـات مكانـه في بحوثـه المتعلقة بخصـائص الاوكسجين . وبخـلال الأعمال حول قياس السُعرات الحرارية (كـالورمـتريا) التي قـام بها ، بعـد 1782 مع لابـلاس ، قاس الحرارة التي يحدثها التنفس . وبعد نشر كتابه ،« كتـاب الكيمياء الابتـدائي 1789 » التفت لافوازيـه ،

وكأنه تخلص من نظام كامل في البحوث التي كانت تشغله منذ سنوات ، التفت بصورة نهائية نحو الكيمياء الوظيفية الاحيائية . فوضع مع كيميائي شاب ، سيغين Seguin ، برنامج بحث كانت ضخامته تساوي ضخامة برنامج 1773 . وانصرف العالمان في الحال الى العمل وأوصلا نتائج أعمالهما الأولى الى الاكاديمية ابتداءً من 1790 . وكانت هذه الاعمال تتناول التنفس ثم العرق . وقد خلدت رسوم مدام لافوازيه المصنوعة في مختبر الارسينال هذه الجلسات . وفي سنة 1792 ترك لافوازيه سيغين يكمل وحده البحوث . ولو أنه استطاع إكمال عمله ، لكان قد اهتم بالهضم ولكان أعطى منذ ذلك الحين دفعة قوية للكيمياء البيولوجية والفيزيولوجية .

4 ـ مقاومة نظرية لافوازييه Lavoisier

يُعتبر زوال نظرية السائل الناري احد الاحداث الأكثر أهمية في تاريخ الكيمياء بحيث أنه قطعه الى قسمين . لقد تخلص هذا العلم من فكرة مبادىء يعود أصلها الى بدايات علم الكيمياء ، وكان هذا المفهوم قد ترسخ بخلال الحقبة الوسيطية . وقد أصاب الميكانيك أيضاً مثل هذا التحول في القرن السادس عشر وكذلك الفيزياء في القرن السابع عشر . وتبعتها الكيمياء متأخرة لان المسألة التجريبية كانت بالنسبة إليها أكثر صعوبة . وكان داعية هذا الاصلاح ليس بمنأى عن الوقوع تحت سيطرة المعتقدات البالية . وإستخدامه لمبدأ السُعيرة يدل بما فيه الكفاية كم هو صعب على الفكر حتى الأكثر استقلالاً ، أن يتخلص من الافكار السائدة .

وقد أظهر معاصرو لافوازيه تعلقاً عنيداً بالسائل الناري ، الذي هو تجسيد أكمل لكيمياء المبادىء ، تجسيداً يُعطي للعقيدة الكيميائية مظهراً مكتملاً وشديد الارضاء .

كان الرأي العام حوالى 1770 يرى أن الكيمياء قد وصلت الى درجة من الكمال لا يمكن معها الامل بإضافة اي شيء آخر . ولهذا لم يكن الرفض في الموافقة على أفكار لافوازيه فعل جيل محدود الأفق بل كان بالعكس إشارة الى حيوية بالغة في الكيمياء ، حيوية يخدمها العديد من العلماء ذوي القيمة . لقد تركت نظرية ستاهل في الظل مسألة دقيقة هي طبيعة السائل الناري : وهذا الغموض لم يكن ليضيق على مفكري القرن السابع عشر . وبعد ثلاثة أرباع القرن لم يكن من الممكن الظهور بمظهر القليل التشدد حول هذا الموضوع . ولهذا بذلت الجهود الكبرى من اجل إنقاذ السائل الناري كمبدأ . وكانت الصعوبة الرئيسية ناتجة عن هذه الزيادة الشهيرة في الوزن ، والمحققة في المعادن عند تكلسها .

السائل الناري والجاذبية الارضية ـ كان موضوع الجاذبية الأرضية بالنسبة الى السائل الناري محط افتراضات كثيرة التنوع وذلك من اجل تكيفه ليتلاءم مع مقتضيات التجربة . وقلما اختلفت هذه التأويلات عن التأويلات التي قدمها الكيميائيون من القرن الماضي . إن مادة النار قد زالت ليحل محلها السائل الناري . وفي سنة 1763 ميز شاردينون Chardenon الثقل النوعي ، والثقل المطلق وافترض أن السائل الناري ينزع الى التخفيف من الوزن المطلق في كل الاجسام التي ينضم إليها .

واعتمد العديد من المؤلفين هذه النظرية وإن بأشكال مختلفة تقريباً . وظل فينيل Venel يـدعي طيلة أكثر من 20 سنة أن السـائل النـاري له وزن سلبي ؛ وإن هـذا الوزن في ذهنـه هو أخف من الخفـة القصوى . إن السائل الناري يتصرف تجاه قانون الجاذبية بشكل معاكس لقانون بقية الاجسام . وتبع فينيل Venel العديدُ من الكيميائين ومنهم بلاك Black و ليسلي Leslie. وفي سنة 1772 عزا غيتون دي مورفو Guyton de Morveau الى السـائل النـاري خفة خـاصة تجعله أخف من كـل الاجسام الأخرى . وعلى هذا فالمعادن التي تخسر سائلها الناري تصبح أثقل حسب رأيه ، أكثر وزناً ، دون أن يلتفت الى مفهوم الثقل النوعي . وفي سنة 1776 جرب مورفو المذكور مرة اخرى التوفيق بين اكتشاف الهواء الثابت ، وبين نظرية ستاهل ، وذلك بادخال اللبس ، الذي اصطدم به من قبل لافوازيه ، بين الغاز الكربوني والاوكسجين . وقد جرب برتولي أيضاً ، وبذات السنة محاولة توفيق . وقد اعتمد كل الكيميائين الكبار في ذلك الحين مثل هذا الموقف ومنهم ماكر وبرغمان وشيلي وبرستلي الذين أعـادوا ادخال السائل الناري في التفاعلات المبحوث بها ، بعد كل هجوم من قبل لافوازيه .

حملة لافوازيه Lavoisier ضد السائل الناري ـ بدأ لافوازيه يشكك علناً بوجـود السائـل الناري ابتداء من سنة 1777 فقط . وقد فعل ذلك بحذر في بادىء الأمر ، دون أن يومي على الاطلاق بأنه يقدم ،كما فعل معارضوه، أفكاراً افتراضية ، ووقف وحيـداً ضد مخـاصمين مصممـين على عـدم التهاون بالنيـل من مراكـزهم ، فأظهـر براعـة كبيرة في طـريقة عـرض براهينـه ثم في اصدار الحكم النهائي ، في الوقت الذي شعر فيه بضمان عدم غلبته في مجاله الخاص . وفي حزيران 1785 قرأ امام الاكاديمية إحدى أشهر مذكراته وعنوانها (أفكار حول السائل الناري) .

وبعد أن استحصل على موافقـات أولى من بعض الكيميائيـين الفرنسيـين ، استطاع لافـوازيه إبـراز النصـوص التي سوف تسـاعد عـلى نشر أفكاره . من هـذه النصوص كـان في بادىء الامـر الجـدول الكيميائي الذي سبقت الاشارة إليه ، ثم في سنة 1788 كتاب آخر جماعي هو الترجمة التي قامت بها مدام لافوازيه ، لكتاب وضعه ريشار كيروان Richard Kirwan بعنوان « محاولة حول السائل الناري » ؛ وكان كل فصل في هذا الكتاب متبوعاً بدحضٍ خطي ، بقلم لافوازيه أو احد اصدقائه . وكان لهذا الجواب أحسن المفاعيل . وأصبح السائل الناري ، الذي كان في الماضي مادة النار ومادة الضوء والذي أريـد له أن يكـون الانقى حتى في الدخـان الاسـود ، هـذا السـائـل أصبـح تحت ريشـة كيـروان ، الهيدروجين بالذات . ولكن بعد قراءة الردود المعارضـة لمزاعمـه ، انضم ريشار كيروان إلى النظريـة الهوائية ؛ وقد جر معه قناعة معاصريه الذين إعتمدوا بسرعة كل المبادىء الجديدة ، ما عدا برستلي . أما كافنديش ، فقد قبل من جهته بأن الظاهرات الجديدة تفسر على حدٍ سواء بهذه النظرية أو تلك .

ونشر لافوازيه في كانون الثاني 1789 كتابه بعنوان « الكتاب التمهيدي في الكيمياء » وعرف هذا الكتاب النجاح بسرعة . وأعيدت طباعته في الحال وترجم الى عدة لغات . وأتاح الكتاب الذي كان يختلف تماماً عن كل ما سبق وكتب منذ قـرنين للكيميائيين الشبان أن يتعلموا بصورة مباشرة الكيمياء الجديدة .

المقاومة في فرنسا وفي المانيا ـ في هذه الاثناء لم تضعف مقاومة الكيميائيين الاكبر سناً . في فرنسا مات ماكر Macquer دون أن يرى نجاح هذه النظرية التي كان يخشاها كثيراً ، والتي كان قد أنضم إليها بدون شك لو بقي حياً . أما رجال جيله من أمثال بومي Baumé وساج Sage فظلوا غير جازمين . أما محرر مجلة « ملاحظات حول الفيزياء » وهي الصحيفة الوحيدة الشهرية التي تعالج العلوم بشكل عام ، وهو لاميتري ، فقد كان من أنصار السائل الناري المتعصبين . ولهذا أسس لافوازيه وأصدقاؤه في سنة 1789 مجلة «حوليات الكيمياء » ، لكي يكون لديهم مجلة تساير أفكارهم .

أما الهجوم الأكثر حدة فقد كتبه لامارك Lamarck الذي نشر سنة 1796 كتاباً بعنوان « دحض النظرية الهوائية » . وأقترح بدلاً من هذه نظرية « نارية » ، وصرح بأن الاوكسجين هو كائن عقلي ، ثم تتبع صفحة صفحة كتاب الفلسفة الكيميائية لفوركروا Fourcroy ، فوضع اعتراضاته مقابل كل مقطع .

في هذه الحقبة كانت مقاومة نظرية لافوازيه حادة في المانيا . وقدمت اقتراحات عدة في فرنسا وفي انكلترا لانقاذ السائل الناري من الضياع . واستعيدت هذه الاقتراحات في ألمانيا . لقد كان السائل الناري يعتبر فيها كمبدأ للحرارة وللنور وللكهرباء أما منفرداً أو مضموماً إلى غيره . وابتدعت موجودات جديدة ذات رابط قريب بالمبدأ المعدوم ، ودافع عنها أنصارها بحدة . واستعيدت فكرة كيروان من قبل ويغلب . وتخيل ويستروmb وريختر وغرين Westrumb, Richter, Gren وآخرون كثر العديد من التسويات أو أكدوا على بطلان المبادىء الجديدة تأكيداً مطلقاً .

وعندما ترجم س. ف. هرمبستاد S.F. Hermbstadt إلى الألمانية كتاب لافوازيه ، ربح النظام الجديد وبسرعة أرضاً جديدة . وكما هو الحال في فرنسا ، استمر الكيميائيون المسنون أمثال ويغلب Wegleb وكريل Crell وجملين Gmelin في التمسّك بخطئهم .

في هذه الأثناء عرفت عقلية الكيمياء القديمة بعض الردات أن السائل الناري لم يكد يحتضر فلم يجد مدافعاً عنه غير برستلي ولامارك ، عندما تصور كيميائي من بست ، هو ونتر Winterl مادة جديدة شاملة سماها اندرونيا . وتولى اورستيد Oersted اشاعة هذه الفكرة سنة 1803 في كتاب حرره بالفرنسية ، ولقي بعض الأنصار ثم زال سريعاً بعد تحريره .

وفي سنة 1803 ايضاً ، وعند اكتشاف الهالوجينات (مولد الملح) أعلن الكيميائي الهولندي فان مونس Van Mons عن نظرية جديدة فيها يحتل الهيدروجين من جديد مكانة مبدأ للاحتراق . وظلت أفكار فان مونس لعدة سنوات مستحوذة على انتباه الكيميائيين الفرنسيين . وقد حاول دافي من جهته أن يعطي للازوت دوراً مماثلاً . وكانت هذه الحقبة ، حقبة الغموض ، بسبب كثرة الأحداث الجديدة المتراكمة خلال القليل من الوقت ، ذات مدة قصيرة . وقد تم التخلي عن المبدأ القائل بأن كل الحوامض او الاسيدات هي من مركبات الاوكسجين . ولكن هذا الاصلاح لم يغير شيئاً في النظام الذي ارتكزت عليه الكيمياء في نهضتها .

II ـ البحوث حول المؤالفات ، وجذور النظرية الذرية

1 ـ جداول المؤالفات

إن فكرة المؤالفة ، قبل أن تصبح موضوع دراسات خاصة بزمن بعيد ، كانت مقبولة ضمناً لدى الكيميائيين . وقد عثر غيتون دي مورڤو Guyton de Morveau على الكلمة في كتاب لطبيب ألماني هو كونراد برشوس Conrad Barchusen عنوانه : « بيروسوفياسيف المتنا شيميا » (ليد 1698) . والحقيقة أن الفكرة أقدم من ذلك بكثير والكلمة أيضاً.رغم عدم وجود اية دراسة خاصة مكرسة لها قبل بداية القرن الثامن عشر ، فهي واردة في كل كتب الكيمياء بشكل أو بآخر . فاتحاد الاجسام فيما بينها ، والتفكك والتبادل والترسبات والتصاعديات أو التبخرات كلها تنتج من بعض المؤالفات البارزة الى حد ما العنيفة الى حد ما ، والتي تحصل بين مختلف مكونات المادة .

ولم يسبق أن نوقشت طبيعة هذه المؤالفات . وقبل الحقبة الديكارتية كان الرأي العام يعتبرها كاستعدادات أو استلطافات تجعل من جسمين متقاربين عرضة للاتحاد ليكونا فيما بينهما رابطاً متيناً. واستبعاد أحد المكونات من المركب لصالح جسم آخر ، يحدث إذا كان هذا الجسم الثالث يتمتع بمحبة أو صداقة بالنسبة الى المكون الثاني ، الاقوى من الصداقة او المحبة التي تسببت بالتفاعل الأول .

وكانت هذه المعاني مستعملة في لغة الكيميائيين ، لا للتفسير بقدر ما هي لوصف الظاهرات بواسطة الصور المألوفة .

والواقع إن هذه الصور تعبر تماماً عن نوع من التأويل للاحداث . وفرق للدرجة أو القوة بين المؤالفات ، بين هذه الاجسام أو تلك يسمح بتفسير مناعة بعض المعادن ضد الاسيدات ، وضعف بعضها الآخر الذي يذوب بتأثير الاسيدات المذكورة بسهولة .

وبعد 1648 قدم غلوبير Glaubertترتيباً لتحاب مختلف المعادن بالنسبة الى الزئبق . والأمر يتعلق بسهولة تكوين خلائط ، تنازلاً ، من الذهب الى الحديد مروراً بالفضة والنحاس .

وقد أبطل الديكارتيون هذه الاستعدادات التعاطفية ، وحاولوا أن لا ينظروا إلا الى الشكل والى بنية المادة ، ولكنهم إن توصلوا الى تفسير كيفية حدوث ولوج جسم بآخر ، فإنهم لم يستطيعوا أن يعثروا على اي سبب لهذا الفعل . ولهذا لم يمكن التخلي عن فكرة المؤالفة المسؤولة عن التفاعلات الكيميائية ، بصورة كاملة . والبعض تناساها بشكل صريح ، ولكن الفكرة ظلت كامنة ضمناً في كل تفسير للفعل الكيميائي .

المؤالفة والفيزياء النيوتنية ـ لقد تولت الفيزياء النيوتنية اعطاءها كياناً ، وبسهولة أكبر ، خاصة وأن التصورات حول بنية المادة قد تطورت بخلال القرن السابع عشر . إن وجود الجسيمات المتناهية قد أصبح مقبولاً بوجه عام من قبل الكيميائيين ؛ أو على الاقل أن هذا الوجود لم يظهر انه أثار النقاش .

وكرس نيوتن لمسألة الجاذبية بين جزيئات العالم الميكروسكوبي « الكيري 31 » من كتابه « اوبتيكس » . وقال بأن هذه الجزيئات تخضع لمفعول الجاذبية ، ولكي يفسر لماذا بعض التفاعلات الكيميائية أعنف من غيرها ، فقد افترض ايضاً أن قوة الجاذبية يختلف زخمها بحسب الاجسام التي تتلقى هذا الزخم . والجزيئات الاسيدية تجتذب بعنف بالجزيئات المعدنية ؛ فضلاً عن ذلك إن نقل مكان المعادن بعضها لبعض ، في محلول ملحي يدل على أن الجزيئات الاسيدية تجتذب من الحديد بصورة اقوى من النحاس ، ومن النحاس أكثر من الفضة ، وذوبان الملح في الماء فهو بفعل قوة الدفع التي تقع بين جزيئات الملح وجزيئات الماء . والتبلور والترشيح هما أيضاً في نظر نيوتن من فعل الجاذبية .

وتفرض أفكار نيوتن على الكيميائيين مفهوماً جسيمياً للمادة ، وهذا التصور مقبول عند الفلاسفة وعند الفيزيائيين . ولم تتح الفرصة ، أمام الكيميائيين حتى ذلك الحين كي يحكموا عليه ، لانه لم يكن يتدخل في كيمياء المبادىء . واقترح نيوتن عليهم تحليلاً غير قابل للدحض : إن حتّ الاجسام لا يمكن أن يتم إلا بالتكسر الى جزيئات لا يمكن تكسيرها الى اصغر . وهذه الجزيئات صلبة ولا يمكن تكسيرها . وبهذا لم يعرف احد ماءً « مستعملاً » (مستنفداً) مؤلفاً من جزيئات عتيقة ، يختلف عن الماء العادي : « وبالتالي ، وحتى تكون الطبيعة باقية ، فتلف الكائنات الجسمانية ، يجب أن لا يقوم على غير الانفصالات المختلفة ، وعلى التجمعات الجديدة وعلى حركات هذه الجزيئات الدائمة » .

ولكن الجاذبية الكونية لقيت استقبالاً سيئاً من قبل الديكارتيين الذين رأوا فيها تجديداً لخاصيات التحابب المرفوضة من جانبهم . كما أن الاعمال الأولى المتعلقة بالتآلف قد انتقدت جداً وخاصة في فرنسا .

جدول المؤالفات عند جيوفروا Geoffroy ـ إن الكيميائي الأول الذي تكلم عن المؤالفة بعبارة علاقة دائمة تقوم بين الاجسام ، والذي وضع جدولاً بهذه العلاقات كان « جيوفروا البكر » ، الذي بفضل علاقاته الوطيدة مع سيرهانس سلوان Sir Hans Sloane ، كان على اطلاع تام بأعمال نيوتن . وقد طبع جدول جيوفروا ، المقدم الى كلية العلوم في 2 آب 1718 ، في سنة 1719 . في هذه المطالعة الأولى ، تكلم جيوفروا فقط عن العلاقات ؛ إن كلمة مؤالفة لم ترد تحت قلمه إلا سنة 1720 .

ويقوم مبدأ هذا الجدول على تصنيف كل الاجسام البسيطة المعروفة ، وكذلك القواعد (Les Bases) والاسيدات ، ضمن صفوف عامودية ، وكانت هذه الاجسام مرتبة في كل صف ضمن الترتيب الذي تنتقل فيه بالتتالي من محاليلها . ان الاشارات المستعملة هي الرموز التقليدية الموروثة من الكيميائيين ؛ وبعد سقوطها بعدم الاستعمال ، استعادت شبابها من جديد . ويلخص العامود الأول انتقال «القواعد» من املاحها ، احداها من الاخرى . وفي أعلى هذا العامود توجد إشارة الاسيدات عموماً ، وفي الأسفل ، وعلى التوالي ، توجد إشارة القلوي الثابت (الصودا أو البوتاس) ، القلوي المتبخر (الأمونياك) ، التراب الممتصّ (الكلس ـ المغنيسيا) وأخيراً رمز المواد المعدنية عموماً . وهذا

العامود يعني أن المواد المعدنية تترسب من محاليلها الملحية بواسطة الكلس ، وهذا يترسب بالأمونياك الذي يحرك بالصودا والبوتاس . ومن هذا المثل الأول ، يظهر نقص جدول جيوفروا . والكلس ، أمنع من أن يترسب بالأمونياك ، يحرك هذا الأخير . أما الأعمدة الأخرى فتخصص تباعاً لكل من هذه الاسيدات الثلاثة المعروفة ، ثم لكل من القواعد الثلاثة ، وأخيراً للمعادن .

ونقائص جدول جيوفروا لم تَخْفَ على الكيميائيين من ذلك الزمن ، فانتقدوه في الحال . إلا أن هذا الجدول يمتاز بأنه يعطي رؤية تركيبية لمجمل التفاعلات الكيميائية ، رغم وجود بعض الاغلاط والثغرات . كما أنه كان لجيوفروا العديد من المكملين .

وكان من الواجب الانتظار حتى تقبل فكرة المؤالفة تماماً . وساعد تقدم الفيزياء النيوتنية على ذلك كثيراً . ولكن تقدم كيمياء ستاهل Stahl لم يكن غريباً عنها .

هذان النظامان من التفكير اللذان كان يتجاذبان العالم العلمي لم يكونا متناقضين ، وإن بدا الثاني وكأنه لا يعرف الأول . فضلاً عن ذلك لقد كانت نظريات ستاهل تعطي نصيباً لفكرة المؤالفة[1] .

كتاب المنستروس لـ بورهارف Boerhaave ـ في النصف الأول من القرن الثامن عشر كان هرمان بورهاف Hermann Boerhaave هو المؤلف الذي زكى أكثر من غيره مفهوم المؤالفة . وفي كتابه « منستروس » وهو القسم الثاني من كتابه « عناصر الكيمياء » الذي ظهر سنة 1732 ، عالج الطبيب الشهير ، الليدي Leyde (نسبة الى ليد) هذه المسألة « كتب يقول وهو يشرح المنستروس اي المذيبات : يجب أن لا نلجأ هنا إلى الأعمال الميكانيكية أو إلى الدفوعات العنيفة ، أو الى المج الطبيعي ، بل لنوع من الصداقة ، إذا أمكن إطلاق هذا الاسم على نزعة الى الاتحاد » .

واستعمل كلمة مؤالفة ووصفها بأنها قوة أو قدرة جذبية . فالفوران والصفير والضجيج الذي نراه في بعض التفاعلات تأتي كلها من أن كل أجزاء المذيب يجب أن تنضم الى كل أقسام الجسم المذاب. وكان أسلوبه في التعبير مأخوذاً عن نيوتن الذي أثر فيه بدون شك . وكان يعتقد أن الجزيئات المذابة تبقى بحالة ذوبان متناسق ضمن مذيباتها (منسترو) ، رغم الفرق في الوزن ، لان قوة ميكانيكية كونية شاملة تضغط عليها : « يقول : هذه الخاصية تجعل عناصر جسم ما مجذوبة بعناصر جسم آخر ، وبالتالي مفصولة عن الكتلة التي كانت تؤلفها . وبعد هذا الفصل تجتمع معاً وتشكل أنواعاً من الأجسام جديدة ولا متناهية» . وهكذا تظهر على التفكيكات المزدوجة نواة فكرة سوف يعبر عنها بوضوح ، وفيما بعد برتولي Berthollet .

---

(1) يعبر غيتون دي مورفو Guyton de Morveau ، بهذا الشأن ، بما يلي : « خطا ستاهل خطوة أولى مهمة جداً عندما نظر في الخلائط، بموادها المختلفة تخضع لمختلف المذيبات ، وهذه « الثغرات » التي منها يمكن لهذا الجسم أو ذاك أن يهاجم ، (وأنا أستعمل تعبيره الذي استعرناه منه دون أن نجرؤ على ترجمته) .

تقدم فكرة المؤالفة ـ في الحقبة التي كتب فيها الطبيب الهولندي ، ظهرت جداول أخرى في المؤالفات . وكان المؤلفون الالمان بصورة خاصة هم الذين أولعوا بهذه الأعمال . وقد قدم غيتون Guyton عنهم تقريراً دقيقاً جداً في مقالته بعنوان « مؤالفة » ضمنها المجلد الأول « في الكيمياء » (1786) ، من الموسوعة المنهجية . وازداد استكمال هذه الجداول ، وقد بلغ عددها الـ 20 تقريباً . ولم يكن بينها فرق كبير . أما الأجسام فكانت مرتبة فيها بشكل أكثر مهارة . وكان السائل الناري يحتل مركزه فيها . ولكنها كلها كانت معيوبة بعيب رئيسي أخِذَ على جيوفروا : فقد كانت ترتكز على مبدأ بأن التفاعلات تتم دائماً باتجاه واحد مهما كانت الشروط التي تحصل فيها . وتوج برغمان هذه الفكرة ببحوث طويلة سوف نعود إليها . وقد عمل برتولي على إبطال هذه الفكرة .

وتتابعت المناقشات حول وجود المؤالفات بالذات حتى سنة 1780 . وكانت معارضة هذه الفكرة ممثلة أفضل تمثيل بمقالة « الكيمياء » الواردة في الانسيكلوبيديا . ولم يعترف مؤلف المقالة فينيل Venel في الكيمياء الا على مبدئين كبيرين : العلاقات والحرارة . وكان يقصد بكلمة علاقات الأعمال التفاعلات المتتالية التي تتم بين الجسيمات الأولية في المادة . ولكنه امتنع عن الاعتقاد أنها من مفاعيل الصدمات أو الضغط أو الجذب .

ويؤكد أن التفاعل بين الجسيمات يتعلق بالصفات الخاصة في الجسيمات مثل صفة التساوق والتفارق . ولا يجب تشبيهها بالجاذبيات بين الاجرام التي يؤثر بعضها في بعض تبعاً لسرعتها ولوزنها ولتماسكها ولصورها المختلفة . وفينيل حين وضع هذا التفريق بين الجسيم والجرم أراد أن يرسم الحد بين الكيمياء والميكانيك النيوتني . إلا أنه لم يتردد في استعمال كلمة تآلف . حيث يقول : « يكون الكيميائيون سعداء إن استطاعوا إقناع أنفسهم بأن عملية الفوران والتخمير تقوم على التفاعل المتبادل بين بعض الجسيمات الجامدة والمطاطة والتي تنزع بقوة بعضها نحو بعض ، والتي تتدفّق نسبياً مع كمية الحركة ومع مطاطيتها والتي تتصادم من جديد للتدفّق أيضاً الخ . ولكن هذا التفسير البارع بمقدار ما هو تحكمي ، تكذبه الاحداث التي تري بوضوح أن حركة التفور وحركة التخمر سببها تصاعد جسم لطيف وقابل للانتشار ، تصاعد تحدثه القوانين العامة للمؤالفة أي يحدثه مبدأ قليل الميكانيكية » .

الرياضيون وبوفون Buffon ـ قبل الرياضيون بلون ممانعة فكرة المؤالفة التي يعتبرونها أكثر أهمية ، من أجل تطور الكيمياء مستقبلياً ، من نظرية السائل الناري ، وهذا الاتجاه بدا واضحاً في مقالات الانسيكلوبيديا التي حررها دالمبير d'Alembert .

وحوالى 1745 أصدر كليرو Clairaut الفكرة القائلة بأن قانون مربع المسافات لا يطبق على تجاذب الجسيمات ؛ وهناك قوانين خاصة لا بد من اكتشافها بالنسبة الى الظاهرات من هذا النوع . ونظريته حوربت من قبل بوفون الذي قدم عرضاً إجمالياً في كتابه «نظرة ثانية الى الطبيعة » (1765) . وصرح بأن ذات القانون يطبق على كل الظاهرات الجذبية ، سواء ما تعلق منها بالتجاذب الكوني أو بالتفاعلات بين الجسيمات التي تشكل المادة ، بل إن القانون العام يمكن أن يستخدم لحساب الشكل ،

الذي لم يكن بعد قد تكون ، شكل هذه الجسيمات .

وأعطت كتابات بوفون المقروءة جداً تذكية جديدة للمؤالفات التي لم يكن مبدؤها يثير أية انتقادات . ولكن المسألة تعقدت بسرعة . اذ إهتم أكثر الكيميائيين في أواخر القرن الثامن عشر بالمؤالفات ، حتى لافوازيه الذي كان يومئذٍ مستغرقاً في مسائل أخرى أشار الى أن المؤالفات وحدها هي التي تسمح بإعطاء الكيمياء الوضوح الرياضي الذي يميز كل علم .

ومن جهته اكتفى بوضع ترتيب لمؤالفة مختلف الأجسام مع الأوكسجين. وبدىء يومئذ بتمييز عدة أشكال من المؤالفات، بعضها يبرز ظاهرات فيزيائية مثل التماسك ،والالتحام ، والتبلر ، وبعضها الآخر يوضح بعض التفاعلات الكيميائية . ولكن الغموض الأكبر كان يسود يومئذ المجالين من الأحداث ، كما تدل على ذلك التجارب الأولى التي أجراها غيتون دي مورفو سنة 1772 لكي يرقم المؤالفة ، علماً بأن هذه التجارب كانت تعود في الواقع الى تماسك السطوح المعدنية مع الزئبق .

برغمان Bergman والجاذبيات الانتقائية ـ وأخيراً جرى البحث حول عدم وجود مؤالفة خاصة لكل نوع من التفاعل . وكان بومي Baumé الاول ، على ما يبدو ، سنة 1773 ، الذي ميز التفاعلات الناشفة عن التفاعلات الرطبة . وميز برغمان ، الذي كان يتكلم عن الجاذبية الانتقائية ، لا عن المؤالفة، بين الجاذبية البسيطة والجاذبية المركبة. وتنطبق هذه الاخيرة على التفاعلات ذات التفكك المزدوج ، التي دخلت هكذا ، لأول مرة ، في مسألة المؤالفات .

وقد جرت بحوث برغمان حول هذا الموضوع ، وتوبعت طيلة ما يقارب من عشر سنوات ، بعناية دقيقة وبمهارة تميز بها الكيميائي السويدي . ومجمل هذه النتائج نشر في كتابه « بحث في المؤالفات الكيميائية أو التجاذبات الانتقائية » .

وتصرف برغمان بالشكل التالي : نظر في عدة أجسام سماها a,b,c,d ، صنفها بالنسبة الى جسم A ؛ مثل ذلك القلوي ، الباريت ، والكلس والمنغنيز ، بالنسبة الى الآسيد الكبريتي . وكان يعمل بالمحلول ويراقب ، بالتتبع، نتيجة فعل الاجسام الثلاثة الأولى a,b,c على المركب Ad المتكون من الجسم الرابع d ومن A . ثم عمل ، بعد ذلك ، نفس الشيء مع Aa,Ab,Ac . فاذا تحول المركب الموضوع أمام c ، الى Ac ، مع تحرر d ، استنتج برغمان من ذلك أن A فيه مؤالفة نحو c أكبر من مؤالفته d . وهكذا دواليك :

وتضمن الجدول الذي وضعه برغمان وفقاً لهذه الطريقة 59 عاموداً . وعدا عن هذا العدد الذي لم يبلغه احد ، لم يتضمن الجدول اي تجديد ، إلا قليلاً . وخصص أحد الاعمدة لمؤالفات الهواء الحيوي (اوكسجين) . وقد فرق برغمان بين التفاعلات الرطبة والتفاعلات الجافة . والنوعان جمعا في جدولين متفرقين . كما وضع ايضاً جدولاً بالمؤالفات المزدوجة يتضمن 64 عاموداً .

ورغم التزامه بمبدأ اعتبار التفاعلات وكأنها كاملة وثابتة ، فقد أقر الكيميائي السويدي بعض

الاستثناءات . وعرف أن زخم النار يمكن أن يفسد نظام الاستبدالات . وناقش أيضاً الحالة التي تتواجد فيها ثلاثة أجسام معاً . وأخيراً رجع الى أسلوب في العرض الموجز للتفاعلات كان قد ابتكره الانكليزي جون اليوت John Elliot سنة 1782 .

وكانت الرسيمات تتألف من 4 ضامّات مرتبة بشكل بحيث تؤلف رسماً ذا اربع جهات . ومثلت الاجسام الموضوعة للتفاعل برموز تقليدية ، ووضعت على وجه أو آخر من الاوجه الاربعة ، أما مكوناتها فقد مثلت متجمعة ثم متفرقة ، وذلك لاعطاء صورة عن ظاهرات التفكك المزدوج .

وقلما استعمل هذا الاسلوب ، ولكن من المفيد أن نشير الى هذا الاهتمام وهو إيجاد تمثيل مكتوب للتفاعل الكيميائي الذي سوف يرتدي بعد 20 سنة أهمية أكبر . في عصر برغمان استعمل لافوازيه أيضاً المعادلات الكيميائية. وأثناء اصلاح الجدول الكيميائي (نومونكلاتور) ابتكر كيميائيان شابان أدت Adet ، وهسنفراز Hassenfratz ، ترقيماً جديداً رمزياً يتوافق مع نظام التصنيف الحديث . وهذا الترقيم لم يستعمل هو أيضاً .

2 ـ من المؤالفات إلى النظرية الذرية

استعمل اليوت Elliot نظامه ذا الرسيمات ذات الضامات ، وذلك ليصور تقييماً رقمياً لقوى المؤالفات . وهذا التقيم العملي أتاح له أن يتنبأ باتجاه التفاعل عندما يتم مزج محلولين ملحيين .

وكان يرى أن قوى المؤالفات تساوي 9 بين البوتاس والاسيد الكبريتي ، وتساوي 2 بين اوكسيد الفضة وأسيد نيتريك ، وتساوي 8 بين الأسيد نيتريك والبوتاس ، وتساوي 4 بين أسيد الكبريت وأكسيد الفضة . وإذا سكب فوق محلول من سلفات البوتاس محلول نيترات الفضة ، وبما أن مجموع مؤالفاتها يساوي 9 + 2 ، اي أقل من مجموع مؤالفات نيترات البوتاس مع سلفات الفضة (= 8+ 4) ، فإن هذين الأخيرين يجب أن يتكونا بشكل حصري .

الانحراف في البحوث حول المؤالفات ـ اهتم العديد من الكيميائيين بالمؤالفات بخلال السنوات الـ 20 الاخيرة من القرن ، إهتماماً دائباً . وحاول كيروان في اسكتلندا، وبومي وغيتون وفوركروا في فرنسا وونزل وريختر Wenzel, Richter في المانيا ، وضع قوانين تحكم بوضوح هذه الظاهرات . وكانت المناقشات طويلة وغامضة نوعاً ما . وكان عدد المؤالفات يزداد مع كل مؤلف . ونحن نقف فقط أمام واقعه ذات أهمية رئيسية بالنسبة الى تاريخ الكيمياء . واقتداء باليوت Elliot ، حاول الجميع أن يرقموا قوى المؤالفات. وبدون هذا التيار الجديد كان يمكن أن يظل مجمل البحوث حول المؤالفة ، التي جرت بخلال القرن الثامن عشر ، بدون نتيجة . وبالفعل توقف الكيميائيون فجأة عن الاهتمام بهذه المسألة ، بعد أن خيبهم بدون شك فشل جهودهم ، وبعد أن اطلعوا بفضل مذكرات برتولي على تعقيد هذا الموضوع ، أو أنهم أخذوا بمواضيع جديدة . ولم يبق من هذه النار الهشيمية حتى ولا اي دخان . وبدت الكيمياء الكهربائية لفترة من الزمن وكأنها قادرة على تقديم مظهر

آخر للمسألة ، ولكن هذا لم يدم . وإذا كان وجود قوى المؤالفات قد أصبح مقبولاً ، فإن اية محاولة ، لم تجرِ طيلة القرن التاسع عشر من أجل تحديد ماهيتها .

إلا أن هذه الجهود الطويلة لم تذهب بدون فائدة . فقد ولدت الحاجة الى ادخال العدد في التعبير عن التفاعل الكيميائي . وكان الهدف من هذه المحاولات ، في بداية الأمر ، هو قياس ، إن لم يكن القيمة المطلقة لقوى المؤالفات ، فعلى الاقل قيمها النسبية . ولكن سرعان ما إنتقل الهدف الى تقييم النسب الوزنية التي تتحد فيها العناصر لكي تشكل مركبات محددة .

لقد ظلت الكيمياء بصورة أساسية نوعية كيفية . وإذا كان لافوازيه قد وضع نظامه ،مبتدئاً بقياسات دقيقة ، فإن هذه القياسات كانت تهدف فقط الى تحديد عدد العناصر التي تشكل مركباً ، أو ليبين أن مثل هذا العنصر كان جسماً بسيطاً وليس جسماً مركباً . وقد هدفت كل قياسات لافوازيه الى تخليص الكيمياء من المبادىء التي لا يمكن وزنها والتي كانت تسيطر على النظريات منذ عشرة قرون ، وكانت هذه القياسات تهمل بصورة مؤقتة كل الفرضيات حول تركيب المادة وحول النسب الوزنية للعناصر فيما بينها .

في الحقبة التي بلغ فيها عمل لافوازيه ذروته فرضت الضرورة نفسها بادخال العدد في الترقيمات الكيميائية .

قوة الاسيدات ـ في سنة 1775 ، عرَّف برغمان بأوزان الاسيدات : السولفوريك ، النيتريك ، الكلوريدريك والكاربونيك التي تتحد مع الصودا والبوتاس . ولكن ، رغم المعرفة الجيدة . بهذه الاجسام ، فلم تكن هناك وسيلة دقيقة لتحديد المعيار الاسيدي أو القاعدي لكل منها. ولذا ظلت كل التقديرات تقريبات لا يمكن استخدامها لوضع جدول عام بالنسب الوزنية . وكانت الصعوبة تكمن في انتقاء جسم معياري يستخدم كنقطة انطلاق لكل النظام . وإذا كان معروفاً منذ زمن بعيد تمييز آسيد قوي عن آسيد خفيف ، فقد كنّا تجهل دائماً كمية الآسيد الموجودة في سائل أسيدي معين . لقد صنع بومي Baumé بصورة عملية ، في سنة 1768 ، ميزانه الشهير ذا الوزن الثابت ، وقد عمل نجاحه على اعطاء سلّم وحيد للوزن النوعي (دنسيمتري) ولكن الأمر يومئذ لم يعدُ مقارنة مختلف السوائل فيما بينها ، وليس وزن المركزات المطلقة .

ويعود الى كيروان فضل اكتشاف أول منفذ . فقد أوحت له مذكرة برمستلي سنة 1772 حول الاسيد كلوريدريك فكرة استعمال الغاز آسيد لاعداد محلول معياري . فبدأ بتشبيع كمية محددة من الماء بالاسيد مورياتيك (كلوريدريك) ، معيِّراً وازناً حجم الغاز الممصوص ، مع تحديد زيادة وزن الماء المشبع ، تم وضع المطابقة بين الاثقال النوعية لمختلف محاليل الاسيد ومقدار ما فيها من آسيد حقيقي .

وأخيراً اجرى معايير القلويات المكربنة بواسطة محلول معياري معروف . واستطاع بالتالي الانتقال الى تعيير محلولات الاسيدات الاخرى مستخدماً محلولاً قلوياً معيارياً. وكان الأول ، بين

1782 و1792 ، في وضع التركيب الوزني لبعض الاملاح .

في نفس الحقبة ، قام كارل فردريك ونزل Karl Friedrich Wenzel (1740-1793) ببحوث أيضاً لتقييم قوة الاسيدات . ولاحظ من أجل هذا ضربة المعادن بالاسيدات ، خلال فترة معينة . وسند أ لخسارة الوزن في اسطوانات معدنية متشابهة مغطسة في مختلف الاسيدات ، لمدة ساعة ، استطاع أن يصنّف الاسيدات بحسب مؤالفتها لهذا المعدن . أما فوركروا Fourcroy الذي كان يجرب بدوره ، متأخراً قليلاً ، قياس المؤالفات ، فقد ركز أعماله على مبدأ مختلف . فقد قدر أن المؤالفة تقاس لا على أساس تكوين مركب ما ، بل بسهولة تفككه .

وأعطى كمثل نيترات الزئبق المحصول عليه بتذويب الزئبق بواسطة الاسيد نيتريك ؛ أن مؤالفة هذين الجسمين كان يجب أن ترفع اذا حكم على ذلك بواسطة هذا التفاعل . ولكن إذا اعتبرنا أن النيترات سهل التفكيك بالحرارة ، فمن الواجب القول بأن هذه المؤالفة كانت أقل بكثير من مؤالفة المعدن بالنسبة الى الاسيد كلوريدريك ، لان كلورير الزئبق المحمي يتطاير ولكنه لا يتفكك .

التفكك المزدوج والنسب الوزنية ـ لم يكن القسم الأول من أعمال ونزل Wenzel الا القليل من النتائج . الا أن ونزل اهتم أيضاً بالتفاعلات ذات التفكك المزدوج ، ولاحظ أن مزيجاً ما من محلولات الأملاح الحيادية ، يعطي محلولاً حيادياً حتى ولو ترسب احد الاملاح . فاستنتج من ذلك أن الجزء من القاعدة الذي يحيد آسيد الملح يحيد أيضاً آسيد الملح الثاني .

مثلاً إذا عملنا بواسطة نيترات البوريت وسولفات الصودا ، نرى أن الصودا تحيد تماماً القسم من الأسيد نيتريك الذي كان متّحداً بالباريت ، وبالعكس يحيد الباريت كمية الأسيد الكبريتي المتحدة مع الصودا . وإذاً تستطيع كميات محددة من الصودا ومن الباريت أن تحيد نفس كمية الأسيد نيتريك أو نفس الكمية من الاسيد الكبريتي .

إن استنتاجات ونزل ، المستمدة من تحليلات عديدة اجريت ببراعة قصوى ، قد نشرت في كتابه :

Lehere Von Der Verwandschaft Der Korper (Dresde, 1777).

وقد قرىء هذا الكتاب وشرح طويلاً من قبل غيتون دي مورفو ، وخاصة في المقالة : « مؤالفة » من « الموسوعة المنهجية » . إلا أن هذه النتائج الاخيرة ليست هي التي استلفتت انتباه الكيميائي الديجوني،إن نظرية النسب المحددة مرت غير منظورة خاصة وإن ونزل نفسه لم يفكر ، أنه اكتشف قانوناً مهماً ، وأنه ، في شروحاته الغامضة ، ألمح إلى أن الاستبدالات لا تتم بكميات نسبية في كل الحالات ، وإنه قد يحدث أن يكون احد المكونات زائداً في المحلول المتواجد مع المحلول الآخر ، وهذا مخالف للحقيقة . في المقابل ، قارن غيتون نتائج ونزل المتعلقة بسرعة التفاعل بنتائج كيروان وبرغمان . وقد ربط الكيميائي السويدي قوة الاسيدات بكمية كل آسيد لازم لاشباع مئة جزء من قاعدة؛ واعتبر الكيميائي الاسكتلندي أن الأسيدات تكون أقوى كلما احتاجت كمية من الأسيد،

محدده من كل منها ، الى كمية أكبر من القاعدة لكي تصبح مشبعة ، هذه الطرق الثلاث ولدت جداول تركيب عدد كبير من الأملاح التي قارن بينها غيتون طويلاً ، بدون نتيجة غير أنها متنافرة .

والابهام في كل هذه البحوث والتأويلات الكثيرة التي رافقتها ، تفهم أهمية العوائق التي كان يصطدم بها أفضل المحللين في ذلك الحين . ففي كل مرة تقف أمامهم مسألة جديدة ، كان الكيميائيون الاولون الذين يحاولون دراستها ، يتخبطون دون أن يتقدموا . والواقع أنهم عندما كانوا يحرفون قليلاً قليلاً مظهر القضية ، كانوا يقتربون من الطرق الفعالة دون ان يعوها هم أنفسهم .

وبعد هذه السلسلة من الأعمال جاءت أعمال عالم بالمعادن المالي ج . ب . ريختر (1762-1807) J.B.Richter لم يهتم ريتشتر بقياس قوى المؤالفات ، ولكنه حاول أن يضع علاقات رقمية في تركيب مختلف الاجسام . وعاد من أجل هذا الى ظاهرات الترسيب التي لفتت انتباه ونزل .

وعثر ريختر على نفس النتائج ، واكتشف أخرى جديدة ، واقرّ ، بأسلوب أكثر وضوحاً من ونزل ، أن المكان أو الوسط يبقى حيادياً بعد تفكيك مزدوج ، مما أعطى عمومية أكبر لفكرة النسب المحددة ، هذه العمومية التي تنظم اتحاد القواعد بالاسيدات . فضلاً عن ذلك لقد أقرّ سلّماً تناسبياً بين مختلف القواعد التي تتحد مع نفس الآسيد كما وضع أيضاً سلماً آخر بين كميات الاسيدات المختلفة التي تتحد بنفس القاعدة . ووجد أن السلم الأول يتصاعد وفقاً لتصاعدية حسابية والسلم الثاني وفقاً لتصاعدية هندسية .

ولم تكن نتائج ريختر دائماً مضبوطة ، وقد عثر شراحه على أنه ضبط هذه النتائج لكي يبرر أفكاره وأدت هذه الملاحظة الى نوع من عدم الثقة بأعماله . ورغم ذلك يبقى مبدأ النسب المتعددة من نتائج ملاحظاته . وقد عرض ، بهذا الشأن نظرية « العناصر المحدَّدة »، ونظرية العناصر « المحدودة » ، وبموجب هذه النظرية تكون اجرام سلسلة من العناصر المحددة ، بالنسبة الى عنصر محدَّد (مثلاً سلسلة القواعد بالنسبة الى الآسيد) ، هذه الاجرام هي بنفس نسب أجرام من سلسلة أخرى مؤلفة من نفس العناصر المحدَّدة ، إذا قورنت بعنصر ثانٍ محدد (نفس سلسلة القواعد بالنسبة الى آسيد ثان) .

القوانين الأولى في القياسية ـ هذا المبدأ يتيح حساب معادلات القواعد والأسيدات التي تشكل نظاماً متماسكاً . وهذا ما قام به ولاستون Wollaston في انكلترا وج . ي . فيشر G.E.Fischer في المانيا .

بشكلت كتابات ريختر سلسلة طويلة نشرت ابتداء من 1792 تحت عنوان « ابهندلن . . . شيميا» ولم تقرأ هذا الكتابات كثيراً بسبب غموضها ومن جراء ان ريختر، وان قبل بنظرية الاوكسجين التي قال بها لافوازيه ، فقد استمر يعطي مكانة للسائل الناري . في هذه الاثناء تولى ج . ي . فيشر شرحها ، أثناء ترجمته في سنة 1802مذكرات برتولي حول الستاتيك الكيميائي . وبحسب رأي ورتز Wurtz اطّلع برتولي على أعمال ريختر من خلال نشرات فيشر . أما دالتون فلم يطّلع عليها ، من جهته قبل ايلول سنة 1803 .

وفي أواخر القرن الـ 18 كان هذان المفهومان الاساسيان حول العلاقات المحددة والعلاقات المزدوجة معروفين ومقبولين . إلا أنهما لم يؤخذا بالاعتبار جدياً إلا بعد مضي 10 أو 15سنة ولم تعتمد كقوانين أساسية إلا في أواخر القرن الـ 19 . وتكرار نفس الظروف ، أخر بشكل غريب انتشار هذه المفاهيم . أما كتابات ونزل ثم كتابات ريختر فكانت ذات قراءة منفرة بسبب غموضها . ولهذا درسها القليل من المعاصرين بشكل دقيق . وفيما بعد ذلك بقليل أصبح برتولي الكيميائي الأكثر قدرة على فهمها ، فقبل النتائج التي تحتويها ، رغم أن مناظرته مع بروست Proust قد توحي بأنه يرفضها . ولكن كتاب «ستاتيك شيميك»لبرتولي (1803) بدوره قد نفر القراء . فهذا الكتاب وقد كُتب بانشاء ثقيل ومعقد قد شرح أفكاراً متقدمة جداً عن عصرها بحيث لا يمكن أن تسترعي انتباه الكيميائيين في بداية القرن الـ 19 .

اكتشافات نهاية القرن الثامن عشر ـ لقد انتهى القرن 18 في غليان من الافكار ، ينبىء بجدة عظيمة ، دون أن يستطيع أي من المتخاصمين تصور كيف أن تطبع الكيمياء بهذه الخاتمة وتأسيس كيمياء الغازات ، والبحوث حول المؤالفات قد اعطى لتطور الكيمياء حركة سوف تتفاعل بتزايد جدول (كاتالوغ) الاجسام المعروفة باستمرار .

فإلى جانب الاكتشافات الكبرى التي سبقت الاشارة اليها طلعت اكتشافات أخرى كثيرة . وكان القسم الأكبر منها يعود الفضل فيه إلى المدرسة السويدية المشرقة ، مدرسة برغمان وتلامذته .

وأمتدت سلسلة اكتشافات شيلي الطويلة والشهيرة من 1767 الى 1786سنة وفاته ، فالى شيلي يعود الفضل في تحضير الاوكسجين والكلور انطلاقاً من أوكسيد المنغنيز ، المسمى حتى يومئذ الماغنيز السوداء،ثم اكتشاف الباريت(1774)والأسيدات المولبيديك (1778)والتنغستي (1781). وهذه الاكتشافات أدت الى اكتشاف المنغنيز على يد تلميذ برغمان هو ج . ج ، غاهن J.G. Gahn ، والى اكتشاف المولبيدين على يد السويدي هيلم والتنغستين على يد جوان جوزي Juan José دي الويار. وعزل شيلي أيضاً العديد من مركبات المملكة العضوية، وأهمها الغليسرين (1783) ثم سلسلة الاسيدات العضوية : تارتريك (1769) فورميك (1774) والبوليك (1776)الذي اكتشفه بذات الوقت ايضاً برغمان Bergman ، ثم اللاكتيك والموسيك (1780) والسيتريك والاوكزاليك (1784) ، والماليك (1785) والغاليك (1786) . وفي سنة 1782 ، اكتشف شيلي الاسيد بنزويك وعثر على طريقة لتحضير الاثير الاسيتيك الذي كان لوراغي Lauraguais قد حضره سنة 1759 ، وفي سنة 1777 اكتشف سويدي آخر ارفيدسن Arvidsonالاثير فورميك .

وبذات الوقت تم العثور على نوعين من الكاربور الهيدروجيني وهما الميتان الذي استخرجه فولتا Volta من غاز المستنقعات 1778والذي درسه برتولي Bertholletسنة 1785 ـ ثم الاثيلين الذي اكتشف سنة 1796 ، من قبل أربعة كيميائيين هولنديين : بوندت Bondt ، ديمان Deiman ، فان تروستويك Van Troostwyk ولورنبرغ Lauwerenburg .

وأعطاه هؤلاء اسم الغاز الزيتي ، لانهم لاحظوا أنهم عندما يضعونه مع الكلور وتعريضه لضوء الشمس ، يعطي سائلاً زيتياً (كلورير الاتيلين) . وقد ظلّ هذا السائل يسمى لفترة طويلة « شراب الهولنديين » .

نحو نظرية دالتون Dalton ـ هذه الاكتشافات الاخيرة كان لها في ذلك التاريخ أهمية خاصة لانها أوحت ، بدون شك جزئياً ، الى دالتون بالتأملات التي قادته الى وضع نظامه حول الذرات الكيميائية . وهذه المسألة سوف تعالج بتفصيل في المجلد الثالث من هذا المؤلف . ولانهاء هذا الفصل ، يكفي أن نلاحظ أن نظرية دالتون قد جاء وقتها . لقد حضرت بفضل كل الانقلابات الكبرى التي عملت على تجديد المناخ الذي عاشت فيه الكيمياء ، وبشكل ادق ، بفضل تطور البحوث المتعلقة بقياسات المؤالفات الكيميائية . وكان لهذه البحوث ، رغم مظهرها غير المثمر انعكاسات عميقة منذ السنين العشر الأولى من القرن التاسع عشر ، إن فكرة نظام ذري بالذات ، قد صيغت منذ 1789 من قبل الكيميائي الايرلندي هيجنس Higgins في مؤلفه « مقارنة بين نظرية الفلوجيستيك (السائل الناري) وعدمه » . فكل الأجسام كانت مؤلفة ، برأيه من ذرات ذات أوزان متشابهة ، تتحد نسبها البسيطة جداً لتشكل مختلف المركبات . وقد رأى هيجنس تماماً ، مثلاً أن اوكسيدات ذات العنصر تختلف فيما بينها بعدد الذرات الاوكسيجينية المثبتة في هذا العنصر ؛ ولكنه توصل ، وهو يعزو الى كل الذرات أوزاناً متساوية ، الى نتائج غير متآلفة مع الوقائع المقررة في ذلك الحين . وفرضية هيجنس ، ربما كانت شطحة قلم ، فلم تسترع انتباه أحد ، حتى انتباه مؤلفها . وبعد خمس عشرة سنة كان الجو العلمي مختلفاً ولفتت فرضية دالتون كل الافكار ، حتى أفكار الذين رفضوها من قبل .

الكتاب الثالث :

علوم الطبيعة

الفصل الأول :
المسائل الكبرى في البيولوجيا

I ـ تصنيف ووصف العالم الحي

السابقون ـ إن فكرة ترتيب الفوضى الظاهرة في الاشكال الحية ، بدت ، باكراً ، أمام ذهن علماء الطبيعة ، وربما كان ج . ب . تورنفور J.P. de Tournefort (1656-1708) هو أول من حاول وضع نظام طبيعي من التصنيف ، وبقول آخر نظام تأسس على الايمان «بالحقيقة الموضوعية كالأنواع والاصناف والطبقات » (ج . ف . لوروا J.F.Leroy)[1]. وبذات الوقت تقريباً عكف جون راي John Ray في كتابه الضخم المسمى «تاريخ النباتات العام » (1686-1704) بدوره أيضاً على توزيع النباتات توزيعاً جذرياً ، وبصورة خاصة على توضيح مفهوم النوع وربطه بمنشأ مشترك .

عمل ليني Linné ـ استكمل عمل تورنفور وراي وطور على يد ليني Linné الذي اقترح ، من أجل تصنيف النباتات ، نظاماً جنسياً ، مؤسساً على اعتبار السداة . وبدا استخدام هذا النظام سهلاً للغاية من اجل تحديد الانواع بشكل وضعي ، إلا أنه لا يأبه الا لصفة واحدة في الزهرة ، لقد كان صراحة نظاماً اصطناعياً ، وبهذا الشأن ، بدا متأخراً عن المحاولات السابقة[2] . وكان ليني قد اعتبره كذلك ، دون أن ينسى ان هدف عالم الطبيعة هو إقامة أنظمة طبيعية قادرة على التعبير عن المؤالفات الحقّة بين الكائنات . ولهذا جهد أن يقسم المملكة النباتية الى أقسام طبيعية ، وعندما طبق على الزوولوجيا فكرة التصنيفي ، وزّع الحيوانات بشكل طبيعي ممكّن في زمنه وذلك اخذاً في الاعتبار ليس فقط السمات البنيوية الخارجية بل أيضاً التشريح الداخلي ، وبصورة خاصة تكون القلب واعضاء التنفس والتناسل ومن مزايا ليني الكبرى أنه ادخل في كل التاريخ الطبيعي التصنيف « الثنائي » وسمي كذلك لأنه اي التصنيف يعبر عن كل نوع حي بكلمتين اسم يدل على النوع ، ونعت يدل على الصنف . ويستخدم النوع للتسمية المشتركة بين كل الاصناف التي تشكل مجموعة طبيعية : مثلاً إن النوع « فيليس » يتضمن مختلف الأنواع الفليس دومستيكوس (الهرة) ، والفليس كاتوس (الهر البري) ، والفليس ليو (الاسد) والفليس بزدوس (العسبر ؛ نوع من النمر) .

---

(1) راجع الفصل الأول حول النبات في الكتاب الثاني من القسم الثاني .

(2) سندرس أعمال ليني فيما بعد .

وهذا الجدول المبسط والموحد ما يزال ساري المفعول في أيامنا ، مما يشهد له ، على الأقل ، بسهولة الاستعمال والقيمة العملية العالية . وهذا التصنيف قدم خيطاً هادياً واضحاً وأكيداً سوف يسمح لعلماء الطبيعة أن يتابعوا بمنهجية مهمتهم الضرورية في الترتيب والتسلسل .

ورغم فضله الضخم ظل عمل ليني نوعاً ما قاسياً وشكلياً . وسوف تدخل عليه بعض المرونة والدقة على يد خلفاء ليني Linné : برنار جوسيو Bernard de Jussieu ، انطوان لوران جوسيو Antoine Laurent de Jussieu ،وبصورة خاصة ربما من قبل ميشال آدانسون Michel Adanson الذي اعطى دفعة عظيمة للطرق الطبيعية في التصنيف مشيراً إلى أهمية مفهوم الاسرة الذي سبق وقيمه بيار ماغنول Pierre Magnol سنة 1689 .

بوفون Buffon خصم ليني Linné ـ كان من اشهر معاصري ليني Linné جورج لويس لوكلرك دي بوفون Georges Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) وكان في البداية فيزيائيا ورياضياً ، ثم عُين سنة 1739 اميناً عاماً لبستان الملك ، فتخصص بعدها كلية في تأليف ووضع « تاريخ طبيعي » ظهرت مجلداته الأولى سنة 1749 . وكان عالماً بالحيوان والجيولوجيا والمعادن وفيلسوفاً بيولوجياً ، كما كان أيضاً كاتباً كبيراً . أما مؤلفاته الرئيسية فهي : « نظرية الأرض » (1749) ، « حقب الطبيعة » (1778) ، تاريخ ذوات الاربع (12 مجلداً ، 1755، 1767) تاريخ الطيور (9مجلدات ، 1770-1783) ، « التاريخ الطبيعي للانسان » (1749) وأراد بوفون في كل تأليفه حول علم الحيوان أن يعارض أفكار وطرق ليني[1] . وعمل على تفشيل الجدولة الثنائية التي تضع الحمار ضمن فصيلة الحصان ، ووجد أنه من الابسط ، « ومن الاقرب للطبيعة ومن الاقرب الى الحقيقة » القول بأن الحمار هو حمار ، بدلاً من تحويله من دون سبب الى حصان : « اليس من الأفضل ان نلحق بالحصان الذي هو وحيد الحافر الكلب الذي هو مُشْتَق الرجل والذي اعتاد ان يتبعه ، بدلاً من أن نلحق به حماراً وحشياً لا نعرفه الا قليلاً ، والذي لا تربطه بالحصان الا وحدة الحافر ؟ » (التاريخ الطبيعي مجلد 1) .

لم يستطع بوفون ، في كتبه اللاحقة ، وبصورة خاصة في كتابه الجميل « تاريخ الطيور » ، إلا أن يسلم بالتصنيف المنهجي وإلا أن يأخذ بالمؤلفات البنيوية اكثر من اخذه « بعلاقات المنفعة والتآلف » . ولكنه استمر يعتقد ؛ أو على الأقل يصرح بأن الأنواع والطبقات والترتيب لا وجود لها إلا في خيالنا ، وإنه لا يوجد في الطبيعة إلا الأفراد .

بوفون Buffon ووصف العالم الحيواني ـ رغم تحيز بوفون وعناده ، واحتقاره القظ ، وكلها

(1) وكما قال فلورانس Flourens : يجب أن يؤاخذ ليني كثيراً لأنه وجد من السيء أنه وضع الحصان بجانب حمار الوحش . أما ليني فقد كتب إلى صديق له : « أني انتظر بفارغ الصبر المجلدات الجديدة لمسيو بوفون . ففيها خص الطريقة الطبيعية بدأ بالحصان وبالكلب . وهذا يكفيني : لقد رأيت المُنظِّر وانتظر المدارس » .

تعود ، كما ذكر ذلك فلورنس Flourens الى أنه ، في بداياته كان رياضياً أكثر مما كان عالماً طبيعياً ، فقد كان وصافاً مدهشاً لاشكال الحيوانات . كان مختلفاً تماماً عن ليني ، باحثاً عن التمييز بواسطة التفصيل ، أقل مما كان في بعث الحياة بالمجمل ، وكان موهوباً أكثر بالنسبة الى الصورة الكبرى منه بالنسبة الى الصورة المصغرة ، وكان بارعاً في التركيب أكثر من براعته في التحليل ، وكان يضحي أحياناً بالدقة الشديدة أمام مفعول الانشاء ، دون أن يستحق اسم « الانشائي الخالص » ، الذي اطلقه عليه دالمبير d'Alembert. وقدم لعلم الحيوان خدمة ضخمة ، ليس فقط بأوصافه الفخمة لذوات الاربع وللطيور ، وبالصفات المدهشة لانشائه الذي سوف يجتذب الى العلوم الحياتية جمهوراً واسعاً ، بل أيضاً بوجهات نظره الجديدة التي ادخلها في دراسة الحيوانات .

وبالنسبة الى كل من الحيوانات التي نظر بها ، جمع كل المعطيات المتعلقة بما نسميه اليوم « بيولوجيا النوع » : سرعة النمو ، عمر البلوغ التناسلي بالنسبة الى الذكر والى الانثى ، مدة الحمل ، عدد الصغار في الحملة الواحدة ، العمر الذي ينتهي عنده الاخصاب بالنسبة الى كل جنس ، التناسب الجنسي ، الاستعداد للتهجين ، التنوع العرقي ، الاستثناءات ، العناية من قبل الام ، السلوك ، الغرائز ، الاصوات الخ .

وقد حاول بوفون أن يضع قوانين ، وعلاقات بين الاخصاب والقامة ، بين حالة التدجين والاخصاب ، بين القابلية للتهجين والعلاقة الجنسية ، ولم يكتفِ كعالم كبير ، بالجمع ، وبتفسير أعمال الغير ، بل أضاف اليها ملاحظات وتجارب شخصية . وهو أبعد ما يكون عن العالم الطبيعي « المكتبي » ، أو عالماً مجتمعياً ، كما تصوره بعض الاساطير ، بل عاش على اتصال بالطبيعة . وفي مونتبار رتب مداجن للمراقبة ، وحفراً حيث يربي الدببة والاسود . وقد حاول أن يزاوج بين الكلب والذئب وبين الارنب البري والارنب الأليف ، وبين التيس والغنمة ، لأنه كان يعرف أهمية مثل هذه المحاولات من اجل توضيح فكرة النوع .

الفلسفة الحيوانية عند بوفون ـ فضلاً عن ذلك ، ان بعض أفكاره التي عبر عنها تساوي كما يقول كوفيه Cuvier اكتشافات حقة . فقد ركز على وحدة خطة التنظيم في الطبيعة وكان أحد الاوائل الذين تكلموا عن الاجناس البائدة ـ عن هذه الحيوانات التي وجدت والتي لم تعد موجودة اليوم . وقد أشار الى الفرق بين نباتات العالم القديم والعالم الجديد (آ . ل . جوسيو A.L.de Jussieu سبق أن أشار الى هذا الفرق بالنسبة الى المملكة النباتية) ، وبهذا جذب الانتباه الى التوزيع الجغرافي للكائنات .

وأخيراً لم يكن فقط العالم المتخصص بالحيوانات ، بل كان أيضاً من أوائل العلماء الطبيعيين العارفين بالانسان ، وقد صنفه تماماً في سلم الحيوانات . وفيما خص اوران أوتان Orang-Outan كتب يقول « أنه يمكن أن يعتبر أول القرود وآخر البشر ، لانه لولا نفسه ، لا ينقصه شيء عما لنا ، ولانه يختلف قليلاً عن الانسان أي أقل مما يختلف عن بقية الحيوانات التي أعطيت نفس اسم القرد» . (تصنيف القرود) .

ومن الناحية الفلسفية ، يتكلم بوفون في أغلب الاحيان كتجسيدي . فهو يعزو منتهى القدرة الى الطبيعة ، ويرفض عجائبية أولئك الذين ، يتصورون مثل ريو مور Reaumur إلهاً شديد الاهتمام بكيفية طي الجرادة جناحها .

عمل دوبنتون Daubenton ـ كان المعاون الرئيسي لبوفون ، لويس دوبنتون (1716-1800) Louis Daubenton الذي أعطت فراسته ومعرفته العميقة بالتشريح أساساً متيناً لمشروع بوفون . فهو الذي كان يقوم بكل التشريحات وهو الذي كان يحضر القطع ويدرسها ، ويرتبها في المجموعات الخاصة في بستان الملك ، الذي سرعان ما تحول الى متحف عام واسع .

وكان دوبانتون احد منشئي التشريح الوصفي للحيوانات العليا ؛ وعندما نضج في السن انصرف الى البحوث في التدجين وهدفه تحسين أنواع الضأن عند طريق الانتقاء[1] .

II ـ مسألة تكون الأنواع

سيادة الثبوتية ـ بعد راي Ray ، وبخاصة بعد ليني ، اخذ الاتجاه نحو الثبوتية يفرض نفسه والثبوتية ترى في كل نوع كياناً جامداً لا يتغير .

قال راي : « لا يمكن لأي نوع أن يولد من بذرة نوع آخر » . وفي « فوندامانتا بوتانيكا » (1736) الم يصرح راي بأن الطبيعة تحتوي من الانواع بعيدما خلق منها منذ البداية ؟

هذه الثبوتية سوف تسود في البيولوجيا (علم الاحياء) طيلة أكثر من قرن ، وسوف تقدم خدمات لا تقدر من حيث أنها حلت محل التحولية الساذجة والفجة التي سادت في القرون الماضية . وكما قال لروا Leroy فاحسن ، « بدلاً من أن تكون مضايقة لتقدم العلم ، فإنها تطابقت مع حاجة ملحة الى المعرفة ، وقبل كل شيء ، مع حاجة الى مرجع في مواجهة الابهام الشكلي » .

يجب أن لا ننسى أنه قبل ليني وراي ، تعدد علماء الطبيعة الذين كانوا يقولون بأن النوع يمكن أن يولد أي نوع آخر ، أو تقريباً . وفي القرن 18 ايضاً ، اعتقد طبيب جراح انكليزي ، الدكتور سان أندريه Saint-André ، ان امرأة قد وضعت ارنباً . كما أن الراصد الميكروسكوبي البارع نيدهام Needham زعم أن العطن يتحول الى خيوان .

الاستثناءات ـ ظهور تحولية جزئية ـ ولكن الثبوتية ، مهما كانت متجذرة ، عموماً ، فيما يتعلق بأشكال الطبيعة الحالية ، فهي قد خلقت بعض المصاعب الحقيقية ، اذ في داخل نفس النوع ، على الأقل ، كان المراقبون المتيقظون قد سجلوا تغييرات بدت لهم غير ذات تفسير .

---

(1) إن المظاهر الأخرى للزوولوجيا (علم الحيوان) سوف تدرس في الفصل الرابع .

وحتى ان المنظرين الكبار بالذات ، منظري الثبوتية ، اعتقدوا بأن عليهم أن يفسحوا مجالاً لبعض الاستثناءات ، يقول راي ، قد يحدث بصورة عارضة تماماً ، « تقهقر » في النوع ، من شأنه ، مثلاً ، أن نحصل على ملفوفة عادية من « قرنبيطة » ، أو على Primula pratensis inodora من Primula veris major .

أما ليني فاذا كان يسند الى حكمة الله القدير الفروقات الحقيقية « الجدية » بين النباتات ، فإنه رغم ذلك يعتبر بأن الطبيعة تستطيع أن تحدث بعض الفروقات العارضة ، أو نوعاً من التشويهات المحكومة بالزوال ، في حين تبقى الأنواع الأولى خالدة .

وانطلاقاً من 1742 وبعد أن قدم له تلميذ « قطانية » لم يعرف كيف يحددها (بيلوريا) ، وافق ليني أكثر على تنوعية الأنواع . ولم يرفض الاستنتاج « المذهل » بأن أنواعاً جديدة ، بل أجناساً جديدة دائمة ، يمكن أن تنبثق في المملكة النباتية ، أما بتغيير مفاجىء ، أو عن طريق التهجين ، الامر الذي يقلب ، الى حد ما ، الاسس الذاتية لعلم النباتات ، وذلك بخفض الحواجز الطبيعية .

« هل كل الأنواع هي بنت الزمن ؟ أم أن الخالق ، عند نشأة الكون ، قد حدد هذا النمو بعددٍ من الانواع ؟ لا اجرؤ على البت بهذا الموضوع بيقين » .

وهكذا يبدو معلم الثبوتية البيولوجية ، من بعض النواحي ، تحويلياً جزئياً . ومنذ عدة عقود من قبل (1715-1716) اكتشف النباتي ج . مارشان J.Marchant في بستانه نوعين من « الحلبوب » لم يعرفهما من قبل ، وهما يختلفان عن النوع النموذجي بفضل ترتيب الاوراق وفرزاتها ؛ وبما أن هذه الطارئات الجديدة ، بعد ظهورها ، قد بقيت ثابتة ، فإن مارشان لم يشك في أنه قد شاهد ولادة أشكال جديدة ، وإنه أجاز لنفسه أن يقترح الفرضية التالية : « من خلال هذه الملاحظة ، هناك مجال للظن بأن القدرة الآلهية ، بعد أن خلقت افراداً من النباتات كنموذج لكل نوع ، وصفت هذه الافراد من كل البنيات ، والسمات التي يمكن تصورها ، وان هذه النماذج ، أقول ، أو الرؤساء في كل نوع ، عند استمراريتها ، قد أنتجت أشكالاً متنوعة من بينها الاشكال التي بقيت ثابتة ودائمة ، وهذه شكلت الأنواع ، التي ، على توالي العصور ، وبنفس الشكل ، أنتجت إنتاجات أخرى متنوعة ، كثرت وضاعفت علم النبات بالنسبة الى بعض الأنواع ، حتى أصبح من الثابت اليوم إننا نعرف في بعض الأنواع من النباتات حتى 100 أو 150 أو حتى أكثر من 200 صنف متميز وثابت ينتمي الى نوع واحد من النباتات » (ملاحظات حول طبيعة النباتات ، تاريخ الاكاديمية الملكية للعلوم ، 1719) ، واعتمد مارشان ، هو أيضاً نوعاً من التحولية الجزئية مقصورة على التحدر من نفس النوع .

ونجد رأياً مشابهاً عند نباتي هاوٍ ذي قيمة عالية دوشين Duchesne الذي شاهد ولادة صنف جديد من الفريز (فراغاريا مونوفيلا) انطلاقاً من فريزة عادية (فراغاريا فسكا) . هل هذا ، حقاً نوع جديد ؟ وفي حال الايجاب ، كم يوجد في الأنواع الاخرى من أشكال متنوعة يجب أن ينظر اليها كأنواع ؟ وعلى كل حال ، كان يرى أن كل الفريزات المعروفة تنحدر من نفس الادومة الاساسية ،

وذهب الى حد أنه ، رسم في « التاريخ الطبيعي للفريزات» (1766)، خلفاً لهـذه الأنواع ، بعـد أن لاحظ أن « الترتيب النسبي هو الوحيد الذي تدل الطبيعة عليه ، والوحيد الذي يُرضي الفكر تماماً ؛ وكل ترتيب غيره هو كيفي وخالٍ من الافكار » .

من جهته أعلن ادانسون Adanson (تاريخ سلالات النباتات ، 1762) بوضوح أنه ضد الثبوتية المطلقة للنوع . وقد زعم أنه يعرف ثماني حالات من حالات الانتاج الجديد ، ثلاث منها « ملحوظة تماماً ، شاهدها وبيّنها علماء النبات القدامى المعتادون على حسن الرؤية». وتأتي برأيه هذه التغييرات الثابتة نوعاً ما ، من تأثير الظروف الخارجية : التربية ، المناخ ، الخ .

التغييرية المحدودة عند بوفون ـ يبدو أن بوفون الكبير قد مال الى هـذا المفهوم القائم على التغييرية المحدودة ـ بين الاسر أو العائلات ـ كما أن فكره الجريء قد عكف عدة مرات على المسألة الواسعة المتعلقة بقرابة الأنواع ـ « احد هذه الخفايا العميقة في الطبيعة التي لا يستطيع الانسان سبرها الا بقوة التجارب المتكررة والطويلة والصعبة » .

كان بوفون يرى بوضوح صعوبة وغموض المسألة ، والالتزام الموجب لتوضيحه ، واللجوء الى تجريب منهجي ، حيث يحتل التهجين مكانة مختارة :

« كيف يمكن أن تعرف بغير النتائج بالاجتماع المجرب الف مرة بين حيوانات من أنواع مختلفة ، ودرجة قرباها ؟ . . . على اية مسافة من الانسان نضع كبار القرود التي تشبهه بشكل الجسم ؟ هل كل أنواع الحيوانات التي كانت في الماضي هي ما هي عليه الآن ؟ ألم يزدد عددها أم أنه نقص ؟ والانواع الضعيفة الم تتلف بالاقوى أو بجور الانسان . . . ما هي العلاقات التي يمكننا إقامتها بين هذه القربى بين الانواع وقربى أخرى معروفة أكثر والتي هي قربى الاعراق المختلفة ضمن النوع الواحد ؟ » (في البغال) .

إنه في فصله الشهير حول « تقهقر الحيوانات » عرض بوفون بأكبر وضوح آراءه التحويلية . فهو يعالج فيها العمل التغييري الذي يحدثه الوسط ، باعتبار هذا الاخير ممثلاً بصورة رئيسية « بالمناخ » الذي يؤذي الشكل الخارجي ، و« بالغذاء » الذي يصيب الشكل الداخلي وأخيراً « بالتدجين » بالنسبة الى الأنواع الحيوانية التي سخرها الانسان واستعبدها .

وكمثل على مثل هذه المفاعيل ، يذكر التغييرات في قامة الحيوان ، وفي لون ونوعية الشعر ، وفي سماكة الجلد ، وفي كبر القرون ، وفي الصوت وايضاً في تكوين الحدبات والاشتان (الخشونات) عند الجمل الخ .

وتوصل الى التساؤل حول تغيير الأنواع بالذات ، « وحول هذا التراجع الاقدم ، وفي الازمنة الموغلة في القدم والتي يبدو أنها ظهرت في كل عائلة ، أو ، اذا شئنا ، في كلٍ من الانواع التي منها يمكن فهم الأنواع القريبة والقليلة الاختلاف فيما بينها » .

وبعد أن قارن ، من هذه الزاوية ، فيما بين كل الحيوانات ذات الاربع ، ورد كلاً منها الى نوعه ، استنتج ان المئتي نوع التي ذكر تاريخها ، يمكن في النهاية أن « ترد الى عدد صغير من الاسر أو من الادومات الرئيسية ، التي منها ، وهذا ليس بالامر المستحيل ، انبثقت كل الانواع الاخرى » .

وعلى هذا فقد رد ، من جهته ، الى 15 نوعاً و 9 أصناف منفردة ، ليس فقط الحيوانات المشتركة بين القارتين ، بل أيضاً كل الحيوانات المختصة بالعالم القديم ، ومن جهة أخرى ، الى 10 أنواع و4 أصناف منفردة الحيوانات المختصة بالعالم الجديد ـ اي ما مجموعه 38 نمطاً اصيلاً .

ثم يضيف ان لبعض الانواع والاصناف الخاصة بالعالم الجديد ، علاقات بعيدة ، مع الأنواع من العالم القديم ، وهذه العلاقات تدل على « شيء مشترك في تكوينها » (التابير يشبه الفيل ؛ والبكاري يشبه الخنزير ، واللاما تشبه الجمل ، واليغور والأسلوت يشبهان النمر ، والظربان يشبه ابن عُرْس الخ) ؛ وهذا يقودنا الى التقليل أيضاً من عدد الأنماط الأساسية .

فضلاً عن ذلك ، وفي صفحة تذكر كثيراً (فصل : « في الحمار ») عالج بوفون ، بمناسبة كتاب للدكتور بومان Baumann (المعروف بـ موبرتوي Maupertuis) ، فرضية التحولية المعممة ، اي الفرضية التي بموجبها اشتقت الحيوانات كلها من جدٍ وحيد .

يتساءل : هل الحمار والحصان من نفس الاسرة ، كما تصنفهما المصنفات ؟ فاذا كانا كذلك حقاً الا يمكننا القول ايضاً ان الانسان والقرد لهما ايضاً اصل مشترك ؟ ومع الاخذ في الاعتبار بالتوافق الاساسي في الطبيعة والذي يقوم بين الانسان والثدييات ، وبين الثدييات والطيور ، وبين الطيور والزواحف ، وبين الزواحف والاسماك ، الا يمكن أن نرى كل الحيوانات « وكأنها نفس العائلة » ، ونفترض أنها جميعاً « قد انحدرت من نفس الحيوان الذي ، عبر تعاقب الازمنة ، قد انتج ، مستكملاً أو متقهقراً كل أعراق الحيوانات الاخرى . . . لا توجد حدود أمام قوة الطبيعة ، ولا نخطىء ان افترضنا أنه من كائن واحد ، استمدت الطبيعة ، مع الزمن ، كل الكائنات العضوية » .

ولكن بوفون ، في الحال ، يرفض هذا الاستنتاج ، لكي يرفض أيضاً مقدماته : الحمار هو حمار خالص ، وليس حصاناً متقهقراً .

كيف يجب أن نفسر هذا المقطع ؟

يرى ي . غينوت E.Guyénot : لا مجال للشك أن بوفون يقدم رأيه الحقيقي عندما يعرض اطروحة التحولية المعممة ، وإن تظاهر برفضها في النهاية ، إنه مجرد خداع وتمويه ، لكي يتفادى ازعاجات « الكنيسة » .

اني اعترف ، أن شعوري مختلف جداً : اعتقد ان بوفون عندما كتب هذه الاسطر ، لم يكن بعد قد وضع تحوليته المحدودة ، وإنه كان أكثر اهتماماً بمهاجمة المصنفين منه في تمرير رأي مخالف « هدام » خلسة .

التحولية التكاملية عند موبرتوي Maupertuis ـ إذا كان علماء الطبيعة ، فيما خص فرضية التطور ، قد ظلوا خجلين نوعاً ما ، فبالمقابل كانت هناك تحولية تكاملية تظهر بدون خفاء على يد الجيومتري الفيلسوف موبرتوي في كتابه « محاولة حول تكون الاجسام العضوية » (1754) .

وبحسب موبرتوي يتم « الخلق » بواسطة « خلايا منوية » آتية من كل من الابوين . وعندما تتحد هذه الخلايا كما يجب فإن الولد يشبه ابويه ، ولكن قد يحدث ان تتحد الخلايا بشكل غير منتظم ، وعندها يظهر كائن فريد غير عادي .

« الا يمكن أن نشرح من هذا كيف أنه ، من فردين فقط ، تتكاثر الأنواع الاكثر اختلافاً وتتالى؟ ان الانواع لا تدين بمنشئها الأول إلا لبعض التوالدات العارضة ، التي لم تحفظ فيها الاجزاء الأولية النظام الذي اخذته عن الحيوانات الاب والام : إن كل حرجة من الغلط أو الخطأ تنتج صنفاً جديداً ؛ وبفضل الانحرافات المتكررة تأتي التنوعية اللامتناهية في الحيوانات التي نراها الآن ، والتي ربما تتزايد مع الزمن ، والتي لا يقدم لها تتابع القرون الا تزايدت غير منظورة » .

يلاحظ أنه في هذا النص ذي الأهمية البالغة ، يرى موبرتوي ، لكي يشرح تكوين الأنواع الجديدة ، فكرة التغير العارض او المفاجىء الشبيه جداً ، «وبالتحول» عند البيولوجيين المحدثين . وهي فكرة ظهرت في الماضي في « فينوس فيزيك » (1745) لنفس المؤلف : « إن الذين تنصب مهارتهم على ارضاء ذوق الفضوليين ، هم ، كما يقال ، مبدعو الاصناف الجديدة . إننا نرى ظهور اعراق من الكلاب أو الحمام أو اليمام (النغر) لم تكن من قبل في الطبيعة . إنها لم تكن في البداية الا أفراداً طارئين عرضيين ؛ وقد جعلها الفن والاجيال المتكررة أنواعاً » .

وكذلك ، في كتاب « الرسائل » وبمناسبة « الجنس الاصبعي » (Sexdigitisme) وقد درسه شخصياً كمولّد مؤصل يقول موبرتوي : « أريد أن اعتقد أن هذه الاصابع الزائدة ، في بدايتها ليست الا تنويعات عارضة . . . ولكن هذه التنويعات ـ بعد أن تترسخ بفضل عدد كافٍ من الاجيال التي تعاقبت على الجنسين ، ـ تؤسس أنواعاً ، وربما هكذا تضاعفت وتكاثرت كل الأنواع » (الرسالة 17) .

طلائعيو التحولية التأملية : بنوا دي مايّه و ج ـ ب ـ ش روبينه J.B.-ch. Robinet ـ وبذات الوقت الذي كان فيه موبرتوي بطور هذه الاستلهامات الرائعة قام فيلسوف هو بنوا دي مايه Benoist de Maillet (1658-1728) في كتابه « تليامو » (طبع سنة 1735 إنما نشر فقط سنة 1748) يقترح نوعاً من التحولية الاسطورية ، يشك في أنه هو نفسه قد اخذها على محمل الجد .

لقد انطلق من الايمان بالطوفان الموسوي ، الذي بدا له مُرتكزاً على وجود « اجسام متحجرة » ـ كالقواقع او الاسماك المتحجرة ـ في الجبال ، فتصور مايه أن الأنواع الأولى الحية المنبثقة عن النطف الأولى كانت كلها اجناساً بحرية ، ولدت بدورها ، بواسطة التحولات المفاجئة ، كل الأجناس الارضية بما فيها الانسان .

وإذا كان التحول لا يتم كل يوم تحت نظرنا ، فان تحول اليرقة الى فراشة ، هل يمكن أن يكون اسهل على التصور من تحول السمكة الى طير؟ إن الزعانف تتشقق ، واشعتها تصبح ريشاً . والجلد يكتسي بالزغب ، والزعانف البطنية تتحول الى قوائم ، والجسم يتقولب ، فتمتد الرقبة والمنقار : وهكذا يتم التحول . . . وكذلك نشأت ، من الطلائع البحرية الدببة والفيلة ، والانسان .

هذه التحولات المفاجئة لا بد وأنها اقترنت بموت كثير ولكن « ان ينفق مئة مليون بسبب علم القدرة على التكيف ، يكفي أن يقدر على ذلك اثنان ، حتى يعطيا النوع منطلقه » .

ومن بين رواد التحولية النظرية يذكر أيضاً جان باتيست ـ شارل روبينه (1735-1820) الذي رأى في مبدأ الاستمرارية « كيفية جديدة في تأمل الطبيعة » . ففي نظره ، لا تشكل الكائنات كلها الا مملكة واحدة « بسلسلة متتابعة » ، ومنطلقها النموذج أو النمط ، المتغير دائماً وبلا حدود ، والذي تتجاوب مظاهره المتصاعدة مع غلبة وسيطرة متزايدة للقوة على المادة .

ويمثل الانسان الطرف الأعلى من السلسلة ، والحد والغاية من الجهد الطبيعي .

« كل تغير في النمط النموذج هو نوع من دراسة الشكل البشري الذي تتأمله الطبيعة . . .

إني أرى الطبيعة وهي تعمل ، تتلمس نمو هذا الكائن الممتاز الذي يتوج عملها . . . وبمقدار ما توجد تنوعات وسيطة بين النمط النموذج والانسان ، بمقدار ما اعدد محاولات الطبيعة التي ، تهدف الى الأكمل ، فلا تتمكن من التوصل اليه إلا من خلال هذه السلسلة التي لا عدَّ لها من التجارب » (في الطبيعة) (1766) .

زونوميا اراسموس داروين Erasmus Darwin ـ وبدا كتاب « زونوميا » (1794) لايراسموس داروين (1731-1802) جد شارل داروين أكثر أهمية ، لان هذا الكتاب يتضمن نظرية شبه كاملة حول التكون التدريجي وحول تكامل المملكة الحيوانية .

وبحسب اراسموس داروين Erasmus Darwin كل حياة عضوية ، تأتي من خيط عضوي أولي اعطاه « السبب الأول » القدرة على اكتساب أجزاء جديدة ، وميولاً جديدة « وهكذا الاستمرار في استكمال ذاته ، بفعل نشاطه الذاتي الكامن ونقل هذه الكمالات من جيل الى جيل إلى ذريته وعبر عصور العصور » .

إن التغيرات المتتالية تعزى الى اسباب خارجية متنوعة جداً : مناخ ، عادات ، نظام ، أمراض ، مسكن ، جهود ، رغبات ، تدجين ، تصورات ابوية .

وخطم الخنزير يستخدم لحفر الأرض ؛ وخرطوم الفيل الذي هو امتداد للأنف يسمح له بأن يجذب اليه اغصان الاشجار لكي يتغذى بها ، وشرب الماء بدون طي ركبتيه ، الخ وكل هذه الاعضاء يمكن أن تكون قد توفرت بصورة تدريجية نتيجة جهود مستمرة تقوم بها الحيوانات للحصول على طعامها ، ثم انتقلت الى ذرياتها ، مع بنية تتحسن باستمرار تخصيصاً للهدف المطلوب .

وهنا نتعرف على الفكرة اللاماركية (نسبة الى لامارك) ، حول الاحتياجات الخلاقة للاعضاء . ولكن كتاب « زونوميا » يحتوي أيضاً بذرة بعض الافكار الداروينية : التلون الوقائي والانتقاء الجنسي ، الخ .

وهكذا كتب ايراسموس داروين بشأن مهاميز الطيور : « من المؤكد ان هذه الاسلحة لم تعط لها الا لتدافع عن نفسها ضد أعداء من جنسها ، لان الاناث غير مزودة بها . والهدف الذي رمت اليه الطبيعة ، على ما يبدو ، بوضعها هذا الصراع بين الذكور ، هو أن الحيوان الاقوى والانشط يستعمل لديمومة النوع الذي يتكامل بهذا الأسلوب » .

وعندما انتهى القرن الـ 18 كانت التحولية قد ترسخت واستقوت . وقد استندت ، من جهة ، على الملاحظة الايجابية من قبل اختصاصيي التاريخ الطبيعي الذين بعد أن لاحظوا التنويعات بين الأجناس ، اخذوا يسألون أنفسهم الى اي مدى تصل هذه التنوعية ، ثم من جهة اخرى ، حول تأملات الفلاسفة الذين ـ بمقدار ما يتحررون من الوصاية التيولوجية ـ يشعرون أكثر فأكثر بالحاجة الى وضع تفسير عقلاني لعالم حي يحل محل نظرية الخلق المستقل للانواع .

III ـ مسألة التوالد

ارث القرن الـ 17 ـ المناقشات بين القائلين بسبق التكوين والقائلين بتسلسل التشكيل أو التخلق المتعاقب . إن الجدة الكبرى التي قدمها القرن الـ 17 ، فيما خص مسألة التولد كانت مفهوماً سبق وجود النطف . وقد قامت على أساس هذا المفهوم مدرسة بأكملها منذ سوامردام Swammerdam ، وبصورة خاصة منذ مالبيجي Malpighi .

إن الكائن المستقبلي قد افترض أنه موجود من قبل ، بشكل قزمي ومبتسر في نطفة غير مرئية والذي لا يحتاج لكي يولد الا للكبر والنمو .

إنها نظرية تلغي ، كما نرى ، وببساطة خالصة مسألة تكون الكائن . وكما يقول احد هؤلاء الدعاة لسبق التشكيل ، أن ما يسمى بالتولد أو الخلق ليس هو كذلك بل بداية تطور يدفع بصورة تدريجية الى بروز أجزاء كانت غير مرئية من قبل .

وهناك نظامان متعارضان ، يقول بهما دعاة النطف السابقة الوجود : النظام الأول يضع النطفة داخل البيضة التي تنتجها الانثى (ولذا سمي بالنظام البيضاوي) ؛ والنظام الآخر يضع النطفة في الحييوين المنوي في الذكر (وهذا ما يسمى بالنظام المنوي أو الحييواني) .

فضلاً عن ذلك ، كانت نظرية النطف مقرونة في أغلب الأحيان بالنظرية الخرافية نظرية التراكب ، وبموجبها تحتوي النطفة ـ انثى أو ذكراً ، بحسب الحال ـ جنيناً هو نفسه ـ اذا كان ينتمي الى

الجنس المنتج للنطف ـ يحتوي على نطف اخرى ، هي بدورها تحتوي على أخريات ، وهكذا دواليك حتى اللانهاية او ما يشبهها . . .

وقد اعتقد انصار النطف أيضاً بنظرية « الانتشار » ، وهي نظرية لا تقل غرابة وتنشر النطف في كل مكان ، وهذه النطف تنتظر لكي تتنامى ، إمكانية الولوج الى انثى او الى ذكر يأويها .

وكان كل هذا أمراً مستغرباً حتى أن الكثير من المفكرين قد رفضوا فكرة تؤدي الى مثل هذه النتائج . وقد رفضوها ايضاً لان القول بوجود نطفة وحيدة (أو أمومية أو أبوية) ، يوقع في مشقة تفسير الاحداث المعروفة تماماً ، احداث التشابه الثنائي الطرف . ولهذا ظلوا أمناء للطرح القديم القائل بالبذار المزدوج الابوي ، مع إنكار كل سبق وجود للنطف .

ولكن هذا الطرح بالذات لم يخل من ان يجر وراءه مصاعب خطيرة جداً . فهو قد استبعد دور البيضة ، كما استبعد دور الحييوين النطفي ؛ وبصورة خاصة كان عليه أن يشرح كيف يمكن ، انطلاقاً من سائلين مختلفي الشكل بناء الجهاز المعقد جداً في الجنين .

والتعارض بين المدافعين عن النطف وبين دعاة التكون التدريجي النطفي قد لعب دوراً ضخماً في تاريخ البيولوجيا . وكما يحدث في أغلب الأحيان في مثل هذه النزاعات كان المعسكران على حق جزئي لكل منهما . فدعاة التشكل التدريجي ، كانوا على حق في انتقاد الفكرة الساذجة ، فكرة سبق التكوين أو سبق التشكل ، ولكن دعاة سبق التشكل يتقدمون بعض الشيء عندما يؤكدون وجوب وضع شيء كامل التنظيم في بداية التطور .

ولم يبدأ الضياء بالانتشار الا عندما ظهر ، بخلال القرن التاسع عشر مفهوم الخلية أي مفهوم البذرة الحية ولكنها الخالية من كل تشكل بشكل الكائن المستقبلي .

اكتشاف التلقيح الذاتي ـ ووجدت نظرية الجراثيم واحداً من أكبر وأبرع المدافعين عنها في شخص احد تلامذة ريومور Réaumur ، هو العالم الطبيعي والفيلسوف السويسري شارل بوني Charles Bonnet (1720-1793) .

فقد اشتهر بوني سريعاً في عالم علماء الطبيعة عندما اكتشف وهو ابن 20 سنة نظرية التوالد الذاتي عند البراغيث ، وهي نظرية كان قد أحس بها ليونهوك Leeuwenhoek وكان ريومور أيضاً قد حاول عبثاً أن يثبتها .

فالبرغوث المربى بعزلة تامة منذ ولادته ، انتج 95 برغوثاً صغيراً لم يشاركه في تكوينها اي ذكر . وقد احدث هذا الاكتشاف ، الذي أعلنه ريومور أمام اكاديمية العلوم ، سنة 1740 ، ضجة ، حين جعل من البرغوث « كائناً مهماً في عالم الفيزياء» (هالر) . فمن جهة كان لهذا الاكتشاف قيمة منهجية وفلسفية من حيث أنه يطعن في شمولية القانون العام القائم على تعاون الجنسين . وبالتالي فهو يدعو الباحثين الى عدم الاطمئنان الى التعميمات المشرعة ، والى الاستعداد الدائم لتقبل الظاهرات غير

المتوقعة ، ومن جهة اخرى يقدم هذا الاكتشاف حجة ذات وزن لدعاة البيضية . واصبح بالامكان بعد ذلك التعرف على أنواع حيوانية تستطيع الانثى فيها الاستغناء عن الذكر . ولم تعرف أنواع ، يستطيع الذكر فيها الاستغناء عن الانثى[1] . اليس في هذا أخيراً الدليل الحاسم على الأولية التوليدية للجنس المؤنث ؟

سبق التشكل عند شارل بوني Charles Bonnet ـ يرى بوني ان السائل الذكري أو البذار يدخل في البيضة ـ اي في الجنين السابق التكوين ـ ويحفزه على النمو وذلك باعطاء قلبه نشاطاً بدونه لا يستطيع التغلب على « مقاومة السوائل الاخرى » . ولكن دور البذار لا يقف عند هذا الحد . فهو يحتوي على « خلايا غذائية » لها القدرة على التأثير انتقائياً على هذا الجزء أو ذاك من الجنين ، وهكذا يفسر التشابه ، الملحوظ في أغلب الأحيان بين المولود والوالد ، تشابه بارز بشكل خاص لدى الانواع المهجنة مثل البغال التي ترث بشكل أكيد من بعض خصائص الجنس الابوي .

مثلاً عندما تدخل منوية الحمار في جنين الفرس ، فأنه يدخل فيه خلايا من شأنها أن تكبر الآذان أو الحنجرة في حين أن منوية الحصان ، اذا دخلت جنين الحمارة تدخل فيه خلايا من شأنها تطويل الذنب .

يقول بوني بوجود حييونات في البزار ولكنه أنكر عليه اي دور في الاخصاب .

وتصورات بوني تبدو أحياناً عبقرية ، ولكنها مشوبة بتحيزه المنهجي : فمهما يجابه به من وقائع ، فإنه مصمم مسبقاً على تصنيفها ضمن سبق تشكيليته البويضية . ولكن يجب الاعتراف ان هذه السبق تشكيلية مدرّجة نوعاً ما ومعدّلة الى درجة أن بعض المقاطع من كتابه تبدو وكأنها تعبر عن مفهوم الخلية الحديث : «نفهم عموماً من كلمة بذرة أو جرثومة«كائناً عضوياً متناهي الصغر، بحيث أنه ان أمكن اكتشاف هذه الجرثومة في حالتها هذه ، فإننا نجد فيها نفس الأعضاء الأساسية الموجودة في الاجسام العضوية الكاملة في نوعها ، بعد كبرها وتطورها . وقد أشرت الى أنه من الضروري اعطاء كلمة جرثومة معنى أوسع بكثير ، وإن مبادئي بالذات تفترض هذا بشكل ظاهر ، وبالتالي لا تدل هذه الكلمة فقط على جسم عضوي متناهي الصغر ، بل تدل أيضاً على كل نوع سابق التكوين أصيل ، يمكن أن ينتج عنه كل عضوي ، منبثق عن مبدئه الأني» (بالين جينيزي فيلوزوفيك) .

الجزيئات المنوية عند موبرتوي Maupertuis ـ أما المعارضون فلم يكونوا قلة في وجه شارل بوني ومن بينهم ، بشكل خاص نجد موبرتوي الذي يهاجم ، في كتابه « فينوس فيزيك » ، وفي

---

(1) كان أراسموس داروين Erasmus Darwin ، بهذا الشأن أول عالم طبيعي أثبت أن التولد الفردي عند البراغيث هو من صنع الأفراد الذكور : « وربما كان من المحتمل أن الحشرات التي يقال أنها يمكن أن تخصب لستة أجيال مثل الافيس . . . تولد ذرياتها . . . بدون أم وليس بدون أب ، وتقدم بالتالي مثلاً عن «Lucinz Sine concubitu» (زونوميا) .

« رسائله » ، وبعنف نظام الجرثومات ، الذي لا يتلاءم برأيه ، مع نتائج التهجين بين الانواع ولا يتلاءم مع وقائع الملاحظة العادية فقط ، بل يناقض أيضاً ، بعض المعطيات المتوفرة حديثاً حول إنتقال الشذوذات في النوع البشري .

واكتشف موبرتوي ، بهذا الشأن ، في برلين ، اسرة (هي اسرة الجراح جاكوب روهي Jacob Ruhe) حيث تنتقل « السداسية الأصبعية » من جيل الى جيل ورسم سلالة لهذا الشذوذ ، ورأى أنه « ينتقل على حد سواء من الآباء ومن الأمهات » . أليس في هذا حجة قاطعة لصالح تعاون الأبوين ، وكأنها تجربة جاهزة أجرتها الطبيعة ، لا تقل تبييناً عن التجارب التي تمنى ريومير إجراءها عندما زاوج طيوراً من أربعة أصابع مع طيور من خمسة أصابع ؟ (فن تربية الطيور الداجنة ، مجلد 2، مذكرة 4) .

ولكي يتثبت موبرتوي من هذه الوقائع التزم النظام القديم ، نظام مزج البذارات ، حيث يدخل فيها العديد من الجزيئات التي تمثل مقتطفاً من كل الأجزاء العضوية في الجسم الابوي . هذه الجزيئات بفعل الاجتذاب المتبادل أو بفعل «شيء ما أكبر» تتمازج لتشكل نطفة يكون كل جنس قد وضع فيها من ذاته[1] .

بوفون Buffon ونظرية الخلايا العضوية ـ وهذه الفرضية استعادها بوفون ووسعها كثيراً فانتقل من « الاجزاء النطفية » لموبرتوي الى ما سماه « الخلايا العضوية » .

وبحسب رأي العالم الطبيعي الكبير ، تتكون كل الكائنات الحية من خلايا حية غير قابلة للتلف ، تمسك في مكانها وتنتظم « بقالب داخلي » ، والبذاران ـ الابوي والامومي ـ مشبعان بهذه الخلايا التي عندما تتجمع تشكل الجنين ، وهي التي ، في البذار المذكر ، تولد باجتماعها ، هذه الكرويات الحية التي هي الحييوينات المنوية .

ولكن بوفون ـ بالتعاون مع مصور للميكرويات معتبر ، جون توبرفيل نيدهام (1713-1781) John Turberville Needham مؤلف كتاب « الاكتشافات الميكروسكوبية الجديدة » (لندن 1745 ، ترجمة فرنسية ، باريس 1750) ، طمح الى تقديم بيان مباشر عن آرائه النظرية . ودرس تحت المجهر منياً مذكراً، فظن انه يرى فيه ، ولادة حييوينات انطلاقاً من خلايا موجودة في السائل . ووسع مراقبته للسوائل المسحوبة من الغدد التناسلية عند الانثى ـ غدد سماها خصيات لا مبيضات ، لانه عزا لها ، كما لغدد الذكورة ، إنتاج مني خصب منتج ، وفي هذه السوائل ظن أيضاً أنه يرى « خلايا ناشطة » كلها مشابهة للحييوينات. . . وأخيراً تفحص سوائل حيث مرثت لحوم حيوانية ، وكذلك بذور نباتية ، وشاهد فيها أيضاً ظهور مثل هذه الخلايا .

أليس في هذا البرهان على أن كل الاجسام الحية تتألف من تجمع « الخلايا العضوية » الدائمة

(١) إن دور الوراثة الأبوية يبرز أيضاً من تجارب كولروتر Kölreuter حول التبغ (1761) وتجارب ترمبلي Trembley حول الذرة ، الخ .

النشاط ، المستعدة دائماً للاتحاد لانتاج شيء ما عضوي ، حتى عندما لا تتوفر الظروف لتوليدٍ حيٍ ؟

والواقع ، أن هذه الملاحظات كانت كلها مشوبة بالخطأ . فقد خلط بوفون بين الحييوينات المنوية وبين الحييوينات العادية الناتجة عن الأنبثاث او التسربات ، وعلى أساس هذا الاهمال الفادح بنى كل نظامه العظيم .

وحوالى 1760 ، ظن الفيزيولوجي الكبير السويسري البير دي هالر Albert de Haller ـ الذي مال في بادىء الأمر نحو التخلق التعاقبي أنه أثبت ، بملاحظاته حول بيضة الدجاجة ، إن البذرة تنتمي الى الدجاجة ، وإن نطفة الديك ، موجودة بصورة مسبقة قبل كل اخصاب . وقد سجل أنصار نظرية البويضات نقطة ، وانتصر شارل بوني انتصاراً صاخباً .

س . ف . وولف C.F.Wolff وبداية علم النطف الوصفي ـ إلا أن كل جهود أنصار « سبق التشكل » سوف تتلاشى من جراء عمل غاسبار فردريك وولف Caspar (1733-1794) Friedrich Wolff ؛ فقد تتبع وولف بصبر وأناة تحت المجهر نمو الفرّوج ، وبصورة خاصة ، تكون الأوعية الدموية ، ورآها تتشكل انطلاقاً من ثغرات محفورة في جدار البلاستولة . وقد لاقت استنتاجاته التي عرضها ضمن كتابه : « نظرية الخلق أو التوالد » (1759) تأييداً بعمل لاحق (التكون الداخلي De Formatione intestimorum (1768) حيث بيّن بدون لبس أن أمعاء الفروج يتولد من شفرة (صفيحة) انفصلت عن القسم الأسفل من النطفة ، ثم تكورت بشكل ميزاب لتتسكر بصورة تدريجية بشكل أنبوب .

وإذا فالاعضاء ، ليست سابقة التشكل : إنها تتشكل بصورة تدريجية ، اثناء النمو . إن عملية التشكل التدريجي قد أثبتت .

وليس من الاسراف القول ان عمل وولف سجّل بداية علم النطف الوصفي . وعلماء الطبيعة بعد أن اجبروا على التخلي عن الفكرة الساذجة والكسولة فكرة سبق التكوين ، سوف يعكفون على التفحص الدقيق والتفصيلي لعمليات معقدة ومتنوعة هي الولادة النطفية الحيوانية ورغم ذلك ظلت مسألة تشكل الكائن مطروحة بشكل كامل تقريباً . فإذا كان هناك تخلق تدريجي (epigénèse) فعلي ، فهل يكتفي ، لهذا ، بنظام البذارات ؟ اليس للبيضة وللحييوين دورهما ؟

سنداً لوولف ، يتم النمو النطفي تحت تأثير قوة سرية (Vis essentialis) مكلفة بتنظيم المادة الحية ؛ وهنا يتاح المجال واسعاً أمام بوني ليعترض : « إذا لم يكن هناك تكوين مسبق في المادة التي تنظمها القوة الاساسية ، فكيف يمكن حمل هذه القوة على إنتاج حيوان بدلاً من نبتة ، أو على انتاج هذا الحيوان بدلاً من ذاك ؟ ثم لماذا تنتج القوة الاساسية ، في مكان ما عضواً ما بدلاً من عضو آخر ؟ »

لا شك أن دعاة التخلق التدريجي كانوا على الحقيقة ، عندما استندوا على الملاحظة المباشرة ، فأكدوا على التشكل التدريجي في النطفة ، ولكن إذا كان لا بد من تأويل هذا التكون ، فإنهم لا يمكنهم

التخلص من المأزق الا باللجوء الى مفاهيم غامضة عارية من كل قيمة تفسيرية : الجاذبية عند موبرتوي ، القالب الداخلي عند بوفون ، القوة الاساسية عند ولف . . .

سبالانزاني والدراسة التجريبية حول التخصيب (Fécondation) ـ دخل التوالد الحيواني مع البيولوجي الايطالي لازارو سبالانزاني Lazzaro Spallanzani (1729-1799) مرحلة جديدة ، لان هذا العالم ، الذي يعد من بين عظماء الفيزيولوجيين في عصره ، قد شرع بدراسة تجريبية للاخصاب عند بعض الحيوانات (الضفادع ، العلاجم) التي تؤهلها طريقة تناسلها (تخصيب خارجي) بصورة خاصة لهذا النوع من البحوث .

ورغم أن سبالانزاني Spallanzani قد ظنَّ سنة 1768انه قدم ، بفضل ملاحظاته ، حجة قوية لصالح النظرية السبق ـ تشكيلية ، والبيضية ، إلا أنه يبقى ، نسبياً ، ذا عقلية ضعيفة في التنظير ، وقد حاول بشكل خاص أن يجمع الوقائع التي تجعله معرفتها متحكماً بالظاهرات المدروسة .

لقد جرب حول الضفدع ، ويبدأ يتأكد بأن البيضات ـ التي ليست في نظره إلا شرغوفات ،غير مرئية ، غير نامية ـ لا تنمو ابداً ان هي توكت ـ بعد سحبها من رحم (Uterus) الانثى ـ لوحدها ؛ ومن هذا يمكن الاستنتاج بثقة أن الاخصاب خارجي في هذا النوع ، كما استنتج سوامردام Swammerdam وروزل Roesel .

وبعد تسبيح هذه البيضات العذراء بالبذار ، فقد يمكن ، بدون شك ، احداث الاخصاب ، ولكن كيف يمكن الحصول على السائل المخصب ؟ من اجل هذا عمد سبالانزاني الى تزويج ضفادع اناث مع ذكور كساها بنوع من الاكياس الحفاظة ـ وهي تجربة حاولها عبثاً ريوميرونولي ـ وكما توقع ، وجد في الحفاظات ، بعد البيض بعض نقاط من سائل شفاف . فبلل به بعض البيوض العذراء ، رآها فيما بعد ـ وبفرح عظيم ـ تنمو وتعطي دويدات (يرقات) تشبه تماماً تلك التي تتولد من الاخصاب الطبيعي . وهكذا حقق أول عملية أنسال (تعشير = تخصيب) اصطناعي في المختبر ، وهي تجربة سوف تشكل منعطفاً في حوليات البيولوجيا . إن الانسال الاصطناعي للاسماك قد تحقق قبل ذلك بقليل على يد جاكوبي Jacobi (1763) ، وسنداً لبعض المؤلفين ، ان أنسال الخيول قد قام به العرب منذ زمن بعيد .

وبعد ذلك بقليل حقق سبالانزاني ، ضمن ظروف مراقبة وسيطرة لا غبار عليها ، الانسال الاصطناعي لدى الكلبة . وفي سنة 1790 ، طبقت الطريقة الجديدة من قبل ج هنتر J.Hunter على الجنس البشري (واعلن عنها سنة 1799) .

وقد جرب سبالانزاني ايضاً ، هذا الاسلوب في محاولات تهجينية ، كانت بالطبع غير مثمرة ، بين الهر والكلبة . ولكنه استغل تماماً اكتشافه ، وبشكل خاص لكي يحدد بوضوح ، ملحوظ تماماً ، بالنسبة إلى ذلك الزمن ، شروط الاخصاب لدى البرمائيات .

ويعود الفضل الى سبالانزاني ـ بتوجيه ونصيحة شارل بوني في أغلب الأحيان خلال عمله ـ

بجملة من التجارب الجيدة الخيال الجيدة في إدارتها وترابطها ، وعلى العموم ، في تفسيرها . فقد أوضح دور الغشاء الهلامي الذي يحيط بالبيضة ، وبين إمكانية تمييع ـ الى اقصى حد ـ البذار دون حرمانه من خصائصه الاخصابية ، كما درس المقاومات المتشابهة في البيض والبذار عند تغير درجة الحرارة ، واثر التجميد واثر مختلف المواد الكيميائية ؛ وقد جرب التدجينات المتنوعة عند آنورمس Anoures وعند اوروديل Urodèles الخ .

وبتجربة حاسمة هدم نظرية الاخصاب من بعيد (Aura Seminalis) : ان الاتصال المباشر بين البويضيات والمني ضروري أيضاً حتى يخصب هذا الاخير تلك .

وبين ان الخصائص الاخصابية في المني تزول عندما يصفى من خلال عدة أوراق نشاف . ومن هنا استطاع سبالانزاني ، وإن لم يؤخذ بالنظرية البيضية المسبقة ، لاول وهلة ، ان يستنتج ان الحييونات المنوية ضرورية لتخصيب البيضة .

وهذه الحييونات المنوية قد درسها بعناية ولمدة طويلة حوالى سنة 1770 . وكان يعرف أنها موجودة في كل مني طازج ، وإنها لا تتكون ، كما يزعم بوفون ، على حساب « خلايا عضوية » ؛ بل إن المسألة المتعلقة بدورها الاخصابي غير مطروحة بالنسبة إليه ، لانه ، مثل بوني لا شك أن البيضة ليست جنيناً ولا شرغوفاً يحتاج الى ميدأ إذكاء اوتحفيز يقدمه المني .

وهذا الانحياز للنظرية البيضوية هو الذي منع سبالانزاني من فهم احدى تجاربه الأكثر وضوحاً وهو الذي أوحى له ايضاً ، وبالمقابل ، بالمحاولات الاولى حول التوليد العذري الاصطناعي . ولأن المني لا يلعب إلا دوراً تحفيزياً ، فإن هذا الدور ألا يمكن أن يقوم به عامل فيزيائي مثل السائل الكهربائي أو مثل مطلق مادة مسحوبة من حيوان أو من نبات (سُمْ السمندل ، أو عصارة الليمون الحامض الخ) ؟ ولم يحصل سبالانزاني عن هذا الطريق ، على أية نتيجة ، ولكن الفكرة التجريبية ، وإن أوحى بها خطأ ، فقد ساعدته في المستقبل بحيث بدت عظيمة الجدوى .

IV ـ التجدد الحيواني

يرتبط بعملية الخلق الحيواني ، وبصورة مباشرة امر التجدد اي إعادة تكون الاجزاء المفقودة من جسم الحيوانات . فمنذ 1712 ، لاحظ ريومور ان السرطعون يعيد تجديد قوائمه عندما تكسر أو تقطع ، وقد وصف بعناية مراحل هذا التجدد .

تجارب ترمبلي Trembley ـ ولكن الاكتشاف المهم ، في هذا المجال كان اكتشاف ابراهام ترمبلي Abraham Trembley (1710-1784) الذي كشف في سنة 1740 عن القدرات العجائبية التوليدية التجديدية لدى حيوان صغير جداً معروف في الحفر وفي المستنقعات هو : بولب Polype المياه الحلوة أو الهدرة . لم يكن ترمبلي الا هاوياً في التاريخ الطبيعي ، وبحكم أنه مجرد فضولي إهتم بادىء

الامر بهذه الدويبة . وقد شك في أن يكون امام حيوان أم أمام النبات ، فقطع بولبات Polypes ليرى هل بامكانها ان تتجدد من فسائلها ، مما يثبت طبيعتها الحيوانية . وبالفعل ، رأى أنها تتجدد ، وعندما دقق النظر ، وراقبها في حركاتها ، وفي طريقة غذائها وفي اسرها لطرائدها الصغيرة ، عرف أنها تنتمي الى عالم الحيوان ، وبعدها تابع بمواظبة بحوثه . واستمر على هذا طيلة أكثر من 3 سنوات . ووضع بنحوثه كتاباً سماه « مذكرة في خدمة تاريخ نوع البوليات في المياه الحلوة ، ذات الاذرع بشكل قرون » (1744) ، وأوكل التصوير الى ليوني Lyonet الشهير .

وأبرز ترمبلي Trembley في كتابه ان البولب اذا قطع الى اجزاء ، فإن كل قطعة تعيد تشكيل بولب كامل ، وأيضاً أن بولبين يمكن أن يندمجا أحدهما في الآخر ، وأخيراً أن بولباً واحداً ، دون أن يهلك يمكن أن يُقلبَ كما يفعل باصبع القفاز .

واحدثت هذه التجارب ذات الالهام الاصيل والتنفيذ البارع ضجة بين علماء الطبيعة . فبعد التوليد الذاتي أو العذري في البراغيث جاء افسال البولب كعجيبة جديدة من عجائب الطبيعة . عجيبة سوف تساهم من جهتها في توسيع أفكارنا حول الحيوانية . وهناك عجيبة أخرى وهي القدرة على الانبعاث ، اكتشفها نيدهام Needbam لدى الانقليسيات (الحنكليس) (1745) . وقد درسها سبالانزاني في الدولابيات الدودية وفي العناكب المائية المفصلية ذات الثمانية ارجل .

النقاش حول التجدد الحيواني ـ سرعان ما تأكدت اكتشافات ترمبلي من قبل باكر وريومور وآخرين[1] ، فجذبت الانتباه حول القدرة على التجدد الحيواني ، المنتشر أكثر مما يظن لأول وهلة . فقد كشف شارل بوني وجود هذا التجدد لدى بعض دودات المياه الحلوة . كما اكتشف سبالانزاني 1768 هذه القدرة عند دودة الأرض وعند الحلزون ـ الذي بعد أن يُقطع ، يستطيع أن يجدد رأسه وخطمه ومجساته وعينيه ـ وحتى عند سمندل الماء او التريتون ، الذي يستطيع أن يجدد ارجله الاربعة كاملة مع كل هيكليتها الداخلية وعظامها وعضلاتها وأعصابها . . .

وبصورة خاصة أثارت مسألة تجديد الرأس عند الحلزون نقاشاً حاراً . فتكون معسكران مؤيدٌ ومنكر . واشترك فولتير Voltaire في النقاش ، وأخذ يقطع رؤوس القواقع التي عثر عليها في بستانه في فرني Ferney .

وحول موضوع التجدد ـ كما حول موضوع الخلق أو التكوين ـ تجابه ، مرة أخرى الاسلوبان

---

(1) كان فولتير شكاكاً ، حتى من غير لزوم . فنازع في حيوانية البولب : « هل ثبت أن عديسيات المياه التي سميت بولب المياه الحلوة هي حيوانات حقاً . إني أشك كثيراً بعيني وببصري ، ولكني لم أستطع أبداً ، حتى الآن ، أن أرى في هذه البولبات إلا أنواعاً من الأسل الدقيق ، أخذت عن الطبيعة الأحاسيس . . . ومن المستحسن الشك أيضاً . . . أن الحقيقة لا يمكن إلا أن تستفيد من الإنتظار » (غرائب الطبيعة ، 1768) .

الاساسيان في تصور عمليات التكون العضوي : سبق التكوين ، أو التشكل المتتالي .

وأثار تجدد الاجزاء الناقصة نفس الصعوبات التي أثارها انتاج حيوان بأكمله .

ورأى شارل بوني ان لا وسيلة الى الهرب من فرضية « « البـذار »، السـابقة التكـوين والتي لا تنوجد فقط في المبيضات بل في هذا أو ذاك من اجزاء الجسم .

وبصدد موضوع البولب ، حيث يمكن ، في كل الجسم ، أن يتم توالد جديد ، تكون البذار مزروعة في كل مكان . وجسم البـولب مكون ، كـما يقال « من تكـرار ما لا حصر لـه من البولبـات الصغيرة ، التي لا تنتظر لكي تظهر الى الوجود الا الظروف المؤاتية » .

أما التوالد أو التجدد الجزئي (كما عند الديدان) فالمسألة تطرح ما اذا هذا التجدد يتأمن بفضل بـذار تتضمن كل عناصر الجسم ، وبعضها فقط ينمـو ، أم بفضل بـذار تحتوي فقط العنـاصر الوحيدة المدعوة الى النمو . حول هذا لا يقطع بوني برأي ، ولكنه يميل نحو فرضية القوة الجزئية :

« لا أرى اي مانع يحول دون افتراض وجود ـ في هذه الانواع من الديدان ـ بـذار أجزاء سابقة وبـذار أجزاء لاحقة . إن هذه الفرضية تبدو لي عرضة لمصاعب أقل من مصاعب نظرية تعطيل جزء من البذرة .

وفي رجل السبرطعون ، يتصور بوني عفويـاً وجود سبحـة من البـذار ذات طـاقات تنـازلية : « توجد في كل قائمة من قوائم السرطعون سلسلة من البـذار تحتوي جزئياً اجزاء مشابهة للاجزاء التي تشاء الطبيعة استبدالها . وإني أتصور اذن أن البـذرة الموضوعة عند أصل القائمة القديمة تحتـوي على قائمة كاملة أو خمسة مفاصل ، وإن البـذرة التـي تليهـا مبـاشرة تحتـوي قائمـة ليس فيها إلا أربعـة مفاصل . وهكذا بالنسبة الى الاخريات » .

وإنه بعد هذا وزيادة عليـه ، يمكن للقائمـة الجديـدة ، بدورهـا أن تتجدد بعـد القطع ، ومن الواجب تماماً الافتراض ان هذه القائمة ، الشبيهة بالقديمة في كل شيء « تحتوي ايضاً بـذاراً مخصصة لنفس الاغراض ، وإن تراكب هذه البـذار بعضها في بعض لا يخيف إلا الخيال » . وهـنا أيضاً ، وكما يبدو ، يصطدم التفسير السبق ـ تشكلي ، الذي يستدعي بالتالي الفرضية الكارثية فرضية التـراكـب ، بمصاعب لا يمكن تذليلها . وقلما كانت هذه المصاعب أقل بالنسبة الى دعاة الخلق التـدريجي الذين لا يستطيعون تفسير تجـدد الاعضاء المفقودة الا بالاستعانة « بتكوين ميكانيكي » او باختراع قوى خفية في الخلق والتكوين ، من اجل دعم نظريتهم .

٧ ـ نشأة المسوخ

تعود الدراسة العلمية للكائنات الشاذة او الممسوخة ، في تاريخها ، الى النصف الأول من القرن الثامن عشر . في تلك الحقبة كانت المعتقدات المسبقة قد زالت تقريباً فيما يتعلق بدور الجن ، أو تدخل

الاله في خلق المسوخ . وأصبح هؤلاء يُصنفون ويدرسون بدقة، سواء في شكلهم الخارجي أم في بنيتهم الداخلية .

وجرت محاولات من اجل تصنيفهم ، وبدِيء بفهم جدوى دراستهم من اجل فهم ظاهرات النمو الطبيعي .

وفيما خص نشأتهم كان الرأي العام منقسماً بعمق ،إما لوجود الاعتقاد بوجود بذار في أصلها مشوهة ، واما بتفسير المسوخية بتأثير أسباب عارضة (ضغط ، امراض ، انفعالات أمومية ، الخ ،) عملت وأثرت في النطفة اثناء نموها . وحول هذا الموضوع وقع نزاع كبير عرف تحت اسم « صراع المسوخ » ، حوالى 1740 ، أمام اكاديمية العلوم في باريس : وهذا النزاع تخاصم فيه ل .ليميري L.Lémery ، وهو من أنصار الاسباب العارضة ، مع ونسلو Winslow وهو من أنصار « النشأة العجيبة » . وهذا الجدل ، الذي خدم كثيراً علم عجائب المخلوقات الناشيء ، حين أجبر علماء التشريح على تعميق دراسة البنيات غير الطبيعية ، استخدم كل أنواع الحجج ، والتي لم تكن فقط من النوع العلمي . فقد سمح خصوم البذار الممسوخة لانفسهم باستخدام اللاهوت لمصلحتهم : أليس من المشين ومن الكفر الزعم بأن بذاراً مشوهة أو ممسوخة يمكن أن تصدر مباشرة عن يد الخالق ؟

ومن المدهش أن الرأي المتكون حول خلق المسوخ كان الى حد ما مستقلاً عن الرأي المتكون حول اوالية التوالد .

وإذا كان بوفون وهو من أنصار نظرية الخلق التدريجي قد نازع حول وجود البذار الممسوخة ، واذا كان هالر Haller وهو من المؤمنين بسبق التشكل ، قد اكد ، في كتابه « المسوخ » حقيقة هذه البذار ، فان بوني بالمقابل ، رغم ايمانه بسبق التشكل واصراره عليه ، كان من القائلين بالاسباب العارضة .

VI ـ الخلق المفاجيء

مسألة الحييوينات ـ بعد أعمال ريدي Redi واعمال فاليسنيري Vallisnieri الخ . بدت مسألة الخلق المفاجيء شبه محلولة فيما يتعلق بالكائنات المنظورة مثل الديدان والحشرات . ولكنها بقيت مطروحة وبشكل مزعج جداً ، بالنسبة الى الكائنات الميكروسكوبية ، وبخاصة « الى حييوينات النقع » .

إذا تسرب الى الماء بذور نباتية أو أية مادة عضوية ، فبعد عدة أيام ، شرط أن يكون الطقس معتدلاً نوعاً ما، يتعكر السائل : واذا فحصت منه نقطة تحت الميكروسكوب تظهر فيه كميات لا حصر لها من الخلايا الحية تتراقص . وهذه الخلايا يستحيل عدم اعطائها اسم حييوينات .

من اين أتت ومن اين يمكن أن تأتي هذه المنفوثات أو النقيعيات من الكائنات الحية التي يمكن أن

تتشكل في كل مكان وبشكل مفاجيء وسريع ؟ هل هذه الكائنات انبثقت عن المادة الفاسدة بمجرد عملية خلق مفاجئة ؟ ام يجب القول أنها صدرت عن جراثيم غير منظورة ، موجودة في كل مكان ، ومستعدة دائماً لان تنمو ، بمجرد ما يتلوث المكان ؟ .

هنا أيضاً يقع خصام دعاة التكون التدريجي ودعاة الجراثيم : فدعاة التكون التدريجي قلما يرون صعوبات في أن تتكون الحييوينات بشكل ميكانيكي أو بفعل القوة الخفية ـ قوة إنباتية حسب قول نيدهام Needham مثلاً ـ على حساب عناصر موجودة في الوسط .

وبالعكس يرى أنصار الجراثيم ان هذا التكون غير ممكن وإنه كارثة بالنسبة الى الذهن . فهم يرفضون أن تعامل الحييوينات ، « كهجناء الطبيعة » أو لقطائها ، وإنها بسبب صغرها ، تستبعد من قانون الخلق الشامل الذي يعطي لكل كائن حي ابوين يشبهانه .

انصار الخلق المفاجيء ـ في معسكر الفجائيين وجد أمير المصورين الميكروسكوبيين (Micro graphe) و . ف . مولر O.F.Muller وهو اختصاصي كبير في النقاعيات كما وجد أيضاً بوفون Buffon الذي كان يزايد حتى حول الفجائية العادية ، لانه قال بالخلق الفجائي لا بالنسبة الى الكائنات الميكروسكوبية ، وبالنسبة الى قاطوعيات الطحين ودود الخل ، بل أيضاً بالنسبة الى الكثير من الحيوانات المرئية ، والعالية التنظيم العضوي نسبياً .

وهو يرى ، بهذا الشأن أن كل كائن حي مكون من خلايا عضوية : وعند موت اي حيوان كبير ، تتحرر هذه الخلايا وتنعتق وتنتج حيوانات صغيّرة : مثل دود الارض والدويبات والسُرفات والديدان على أنواعها أو حتى النباتات مثل الفطر .

وإذا كانت الخلايا العضوية في حيوان حي زائدة عن اللزوم ، فإنها تنتج في الحال التينيا ودور البطن والدنف والدود على أنواعه والبراغيث الخ . وليس في هذا أقل من العودة إلى أفكار أثاناز كيرشر . . .

كتب بوفون يقول « دلت تجاربي بوضوح أنه لا وجود مسبق للجراثيم ، وإنه بذات الوقت تثبت هذه التجارب أن خلق الحيوانات والنباتات ليس خلقاً احادي الطرف (Univoque) : ربما يوجد كائنات اما حية وإما نباتية ، كثيرة تتكاثر بفعل الاجتماع العرضي بين الخلايا العضوية ، بمقدار ما يوجد من حيوانات ونباتات يمكن أن تتكاثر بسلسلة متتالية وثابتة من الاجيال . . . إن الفساد والتفكك في الحيوانات وفي النباتات يحدث عدداً لا نهاية له من الاجسام العضوية الحية والنباتية » .

اعداء الفجائية ـ من بين المعارضين لنظرية الخلق الفجائي يقف ريومور وشارل بوني الخ : وكتب هذا الاخير يقول « ان الطبيعة الكاملة تتصرف ضد الاجيال الملتبسة الغامضة Equivoque . . . أنا أعلم أننا يجب أن نقف حذرين ضد القواعد التعميمية ، ويبدو لي اني اثبت ذلك بقدر الكفاية . ولكني أعلم أيضاً ان الاستثناءات يجب أن تبين وتثبت بدقة لكي تقبل ، خصوصاً

عندما تصدم القانون الأكثر شمولاً ، والاكثر ثباتاً والذي لا يتغير من بين كل القوانين التي نعرفها . . وعندما يُلجأ من اجل تفسير ظهور بعض الحييوينات في سائل ما الى القوى « المحدثة » او المنتجة ، وإلى القوى « الإنباتية » ، الا نضع الكلمات مكان الأشياء ؟

ما هي الفكرة المتكونة لدينا عن هذه القوى ؟ ، وكيف نتصور أنها تنظم المادة وإنها تحولها من خلايا غير حية الى كائنات حية ؟ لقد ضحكنا من ابيقور Epicure ، الذي بنى كوناً من الذرات : اما صنع حيوان من عصارة الخاروف ، الا يعني هذا خرق الفلسفة السليمة ؟ » .

تجربة نيدهام Needham وانتقاده من قبل سبالانزاني Spallanzani - يشير بوني ، عبر هذه الجملة الاخيرة الى تجربة حققها نيدهام Needham حوالى 1740 ، وكانت بعد التمحيص صعبة التأويل بالنسبة الى انصار الجرثومات . فبعد أن سد بالقطن أنبوباً يتضمن عصارة الخاروف ، سخن نيدهام الانبوب في رماد حار بشكل اعتقد أنه كافٍ لقتل كل الجراثيم التي كان يمكن أن تكون فيه . ولكن ، رغم هذا التسخين الذي يفترض به أن يؤمن ما نسميه اليوم بتعقيم السائل ، ظهرت فيه حييوينات بكثرة . اليس في هذا دليل على أنها تتوالد توالداً فجائياً على حساب المادة المبثوثة ؟ .

وقد انتقدت هذه التجربة بحدة ، بل وتعرضت للهزء من قبل خصوم الفجائية الذين أقاموا ضدها كل انواع الاعتراضات النظرية . ولكن كان لا بد من انتظار مجيء سبالانزاني حتى يرد النقاش أخيراً الى الصعيد التجريبي الذي لم يتركه النقاش بعد ذلك أبداً وفي حوالى 1770أثبت سبالانزاني أن تجربة نيدهام تتضمن سبباً مزدوجاً للخطاء . أولاً ، ان الانابيب لم تسكر تماماً بالقطن . ثم أن زمن التسخين ودرجة الحرارة لم يكونا كافيين لتأمين القضاء على كل الجراثيم . وإنه اذا كررت التجربة في شروط مختلفة ، ومع اخذ الاحتياطات المتزايدة التي تتيح منع دخول اي جرثومة من الخارج ، فإن النتائج تكون مختلفة تماماً : فالسائل لا يتعكر ولا يعود مملوءاً بالحييوينات .

لا شك أن المسألة لن تحل بهذا الشكل ولكن نيدهام لم يعترف أبداً بالهزيمة أمام البيولوجي الايطالي . فناقش وخاصم قيمة التجربة المعدلة بهذا الشكل . وزعم أنه عند تحمية المادة المبثوثة والاسراف بذلك ، فاننا نقضي على القوة الإنباتية فيها ،وزعم أننا عندما نعذب الطبيعة « فاننا نجبرها على أن تستسلم خطأ » . فأجابه سبالانزاني بدوره بتجارب جديدة أكثر فأكثر دقة ، وأكثر فأكثر احراجاً لنيدهام والفجائيين .

وحتى عند هذا الحد لم تحسم القضية بوضوح . ولا يمكن أن تحسم في ذلك الحين ، حيث كان الجهل شبه شامل حول شروط حياة الحييوينات ، وبخاصة حاجتها الى الاوكسجين . ولكن إذا كانت تجارب سبالانزاني قد تركت حتماً بعض أسباب الخطإ فهي رغم ذلك لم تكن أقل صحة وجمالاً في مجملها : فقد كانت عبقرية في تصورها ورشيقة في قيادتها ، بالمقدار الذي يمكن أن تكون عليه من خلال المعارف والتقنيات المتوفرة ، فقد كانت مدارة بحس سليم وكانت تهدف إلى إثبات فرضية سوف يكشف المستقبل عن منتهى خصوبتها .

لقد كان تاريخ البيولوجيا كله في القرن الثامن عشر محكوماً بالجدل الذي كان يضع وجهاً لوجه أنصار سبق وجود الجرثومات (البذار) وأنصار الخلق المتتالي .

وهنا يوجد حقاً تياران اساسيان فكريان . وهذان التياران يتحكمان بموقف العقل تجاه ثلاث مسائل رئيسية في البيولوجيا : مسألة تشكل الكائن ، ومسألة تشكل الأنواع ، ومسألة تشكل الحياة .

لقد كان أنصار سبق وجود الجراثيم بالضرورة ضد الفجائية ، وكانوا عموماً ميالين الى ثبوتية قاسية . أما القائلون بالخلق المتتالي أو التكون المتتالي فقد كانوا فجائيين وكانوا عموماً ميالين الى تحولية واسعة نوعاً ما .

وقد لعب الطرفان دورهما في تقدم الافكار اذ نستطيع القول اليوم أن البيولوجيا قد أثبتت نظرية التكون المتتالي ، وحافظت بذات الوقت على فكرة الجرثومة العضوية ، وإنها اكدت على الفرضية التحولية ، مع الابقاء على ثبوتية تقريبية فيما يتعلق بالطبيعة الحاضرة ، وإنها اي البيولوجيا قد ثبتت اللافجائية ، مع عدم استبعادها إمكانية التشكل الفجائي في الحياة في ماض سحيق وبعيد .

الفصل الثاني :

الفيزيولوجيا الحيوانية

حض ليبنيز Leibniz ، وهو يحرر سنة 1700 نظام الجمعية العلمية في براندبورغ، والتي ستصبح اكاديمية بروسيا المستقبلية ، حض هذه الجمعية في أعمالها على عدم إهمال العمل من أجل الفضول فقط : « إن على هذه المؤسسة أن تفكر بالعلم وبالتطبيق المفيد ، بآنٍ واحدٍ وذلك بتخيل اشياء يمكنها مجتمعة أن تشرف مؤسسها الشهير وتفيد الناس. ان عليها أن تجمع بين التطبيق والنظرية » .

والقرن الثامن عشر ، عصر الأنوار ، هو أيضاً عصر التقدم وبالدرجة الأولى تقدم التقنيات . وأعطاه ليبنيز معناه، وبذات الوقت أعطى كلمة الأمر للجمعية العاملة التي سوف تنور هذا القرن ، بالمنافسة مع الجمعيتين اللتين يعود تاريخ تأسيسهما الى القرن السابق وهما الجمعية الملكية وأكاديمية العلوم .

عوامل جديدة في البحث ـ وبدا التجريب ، وبخاصة في الفيزياء والكيمياء ، مرضياً بالنسبة الى الحاجة المزدوجة : الاختراع والتطبيق . فالبحوث المتعلقة بالحرارة والكهرباء ، وتغيرات الحالة الفيزيائية ، والمؤالفات الكيميائية ، وتفكك المادة ، والاحتراق والتأكسد ، بعد تجاوزها ميدانها الاساسي الى ميدان الفيزيولوجيا ، قدمت لها حلولها ، وأثارت فيها مسائل جديدة . وهناك عوامل فيزيائية جديدة ، والكهرباء خاصة ، استخدمت لوصل الضوء أو الحرارة كحدود مماثلة تفسيرية للقوى الحيوية .

إن تحديد مختلف أنواع الهواء اي الغازات ـ الكيمياء المسماة هوائية ـ قد اعطى محتوىً ايجابياً لمفهوم المبادلات بين الجسم العضوي والبيئة ،وجاء يضع حداً للمخصومة، التي كانت حتى ذلك الحين نظرية خالصة، بين الاطباء الميكانيكيين والاطباء الكيميائيين ، لصالح هؤلاء الاخيرين . وأتاحت آلات جديدة في الفيزياء ، مثل الترمومتر او الكالوريمتر ، تحديد ثوابت بيولوجية جديدة . في سنة 1715 ، استطاع فهرنهايت ، وتبعه ريومور Réaumur سنة 1733،ان يحل الصعوبات التقنية التي أعاقت بناء ترمومترات حساسة وأمينة . وفي سنة 1780 استطاع لافوازيه Lavoisierولابلاس L a-place بناء آلة الثلج التي تتيح قياس كميات الحرارة .

وإذاً لا مجال للعجب من أن ، باستثناء الدراسات حول وظائف الجهاز العصبي ، غالبية

الاكتشافات أو التحقيقات الايجابية للفرضيات الفيزيولوجية ، كانت ، في القرن السابع عشر ثمرة أعمال ، إن لم يكن الهواة فعلى الاقل الباحثين الغرباء عن الطب ، أمثال هالز وبريستلي او لافوازيه أو ريومور أو سبالانزاني Hales, Priestley, Lavoisier, Réaumur, ou Spallanzani .

وبالمقابل بقي تعليم الفيزيولوجيا بالذات من اختصاص أساتذة الطب . وظلت كتب الفيزيولوجيا ، في النصف الأول من القرن على الأقل ، وتحت اسم مؤلفين سماهم دارمبرغ ونوبرجر Daremberg, Neuburger « المنهجين الكبار » ، بورهاف Boerhaave (1668-1738) ، ستاهل Stahl (1660-1734) وهوفمان Hoffmann (1660-1742) ، جزءاً متمماً من كتب الطب . ان « النظم الطبية » (1708) لبورهاف Boerhaave لم تغير عنوانها الى اسم « فيزيولوجيا » الا في سنة 1734في الترجمة الالمانية على ج . ب ابرهارد J.P. Eberhard ان هالر Haller وقد سبقه ف .هوفمان F.Hoffmann الذي ، بعد أن عالج الفيزيولوجيا في كتابه « الطب الاسامي » (1695) ، نشر « الفيزيولوجيا الاساسية » سنة 1718 ـ هو الذي اعطى أصلاً عنوان « فيزيولوجيا » لكتاب عرضت فيه وظائف الاعضاء مستقلة عن كل اعتبار لوصف الامراض والاستطباب (بريما لينا فيزيولوجيا 1747 ؛ المتافيزيولوجيا كوربوري هوماني ، 8 مجلدات ، 1757-1766) .

وتتكون لدينا إذاً فكرة غير كاملة تماماً لانها أكاديمية خالصة ، عن الفيزيولوجيا في القرن الـ 18 ، آخذين بالاعتبار فقط الكتب المعالجات أو الكتب الوسيطة المعتبرة في تلك الحقبة ، ويبدو غريباً أن يغفل كابانيس Cabanis ـ وهو يقوم بجردة في سنة 1804 لهذه الفيزيولوجيا الجديدة ـ أن يغفل الاشارة الا الى كتب وأعمال الاطباء فقط رغم أنه عرف كيف يرى في « العلوم الجانبية التي تقرضنا دائماً ، او اضواء مباشرة او أدوات جديدة » ، كيف يرى أحد أسباب تفوق الطب الجديد .

وفضلاً عن ذلك ، وأخيراً ، ومن اجل التقييم ـ في ضوء علاقات أخرى غير علم البيان والفلسفة ـ تقييم أهمية كل من هذه الفيزيولوجيات المنهجية ، نضطر الى مقارنة كفاءات مؤلفيها خارج المجال الجامعي . لا شك ان احداً غير بورهاف لم يجتذب الى مدينته التي كان يعلم فيها ، وهي ليد Leyde ، العديد من الطلاب والاطباء بحيث توجب هدم جدرانها حتى يتم داخلها بناء مساكن جديدة . ولكن قد يمكن أن يكون ستاهل ، المنتقد بغير وجه حق يومئذ وبعده ، من أجل « احيائيته » ـ وهي ردة فعل سليمة أساساً ضد تجاوزات الميكانيكيين المضحكة ـ اكثر أهمية من بورهاف بسبب الالهام الكيميائي الخالص في نظرياته . والاهتمام الذي أولاه لتفاعلات التخمير جعل انتباه البيولوجيين مسلطاً على ظاهرات أقامت ، عبر أعمال ليبنغ Liebing وباستور Pasteur ، جسراً بين الكيمياء شبه المعدنية والكيمياء العضوية .

وفي الأساس ، وفي ظل ظاهرة تقدم الفيزيولوجيا ، بقي القرن الـ 17 والقرن الـ 18 متشابهين : فهما معاً عصر أكتشاف كبير ، اكتشاف هارفي Harvey ، الذي بدأ به القرن تقريباً ، في حين ختم باكتشاف لافوازيه تقريباً . الاول لم يُدخل نموذجاً ميكانيكياً الا لوصف ظاهرة في حين ان

الاكتشاف الثاني ادخل نموذجاً كيميائياً من اجل تفسيره . ان اكتشاف لافوازيه هو تاريخياً لاحق ولكنه علمياً ليس بالاقل .

ويجب ، على ما يبدو ، البدء خلافاً للعادة ، بجدول للفيزيولوجيا في القرن الثامن عشر ، مع الاشارة الى المعارف الايجابية التي يدين بها هذا العلم لمساعدة الكيمياء إياه .

I ـ التنفس

تطرح وظيفة التنفس مسألتين : مسألة ميكانيكية ، كيف يدخل الهواء الى الرئة ؟ والاخرى كيميائية ، كيف يقوم امتزاج الهواء والدم ؟

الاعمال الاولى ـ لقد تلقت المسألة الاولى جواباً مرضياً بصورة جزئية من بورلّي Borelli ، الذي بيَّن عن وجود العوامل التي تنشط تغيرات حجم القفص الصدري في العضلات القائمة بين الاضلاع .

لقد اقترح ديكارت Descartes سابقاً في « كتاب الانسان » تفسيراً من هذا النوع . ولكن سوامردام Swammerdam استنتج منه ـ بتفسير خاطىء لهذه النقطة بالذات ، وإن انطلاقاً من المبدأ الديكارتي المتعلق بالحاجة ، في عالم ممتلىء ، الى المسار الدائري لكل حركة ـ نظرية تعطي لتمدد التجويف الرئوي الضغط المضغوط من الخارج ، على طبقات الهواء المجاورة للانف والفم . وبعد موشنبروك ودانيال برنولي وهمبرغر Musschenbroek, Daniel Bernoulli,Hamberger ، اقترح هالر Haller في كتابه « تشريح التنفس العملي » ، (1746-1747) تفسيراً صحيحاً لميكانيك التنفس وبصورة خاصة للفضاء المحيط بالرئة .

أما المسألة الثانية فلا تمكن الاشارة ، بين المحاولات الحلولية الكثيرة ، إلا الى المبادىء . فعلى اثر أعمال روبر بويلRobert Boyle(نوفا اكسبريمتا 1669) اعتقد مايو Mayow،حوالى 1674ان تنفس الكائنات الحية يثبت في الجسم « روحاً » موجودة في الهواء ، يؤدي نفادها في فضاء مجاور ، الى جعل الهواء غير صالح للحياة . وقد ذكر برستلي Priestley في كتابه « اكسبريمنتس اندا اوبسر فيشن . . . 1774-1777) ، تجربة من سنة 1771 وبموجبها ان النبتة ـ نبتة نعنع ـ تفرز ، تحت جرس مائي ، هواء مزوداً « بالفلوجستين » (الاوكسجين) مما يجعل اشتعال شمعة تحت الجرس ممكناً من جديد . وفي سنة 1775 أعلن برستلي أمام الجمعية الملكية ان هذا الهواء «المؤكسج» صالح للتنفس الحيواني (اذ اتخذت الفأرة كحيوان تجربة) .

اكتشافات لافوازيه Lavoisier ـ لم ينطلق لافوازيه ، في أعماله حول الهواء الحيوي ، حول المبدأ الذي يمتزج بالمعادن اثناء تكلسه ، لم ينطلق بخلاف ما سار عليه برستلي ، اي أن التجارب حول التنفس الحيواني كانت بالنسبة إليه ، في المقام الأول وسيلة تحليل واكتشاف ومماهاة مختلف أنواع

الغازات . وتأثير هذه الغازات على التنفس الحيواني كان في الأساس اختباراً في المجال الكيميائي يتعلق بفصل ـ تجريبياً ـ عناصر يفترض وجودها في الهواء الفضائي الذي سقط بذاته عن مقامه القديم كعنصر .

ولكن لافوازيه ، الاكثر منهجية من برستلي ، وبعد أن اجرى تجارب حول تنفس العصافير (1775-1776) والخنازير الهندية (1777)استطاع أن يقدم لاكاديمية العلوم سنة 1777مذكرة أولى « حول التغييرات التي تصيب الدم في الرئتين وحول عملية التنفس » .

ثم بعد مقارنة النتائج الكمية لقياس المبادلات الغازية اثناء التنفس بنتائج كميات الحرارة الصادرة عن خنازير الهند الموضوعة داخل كالوريمتر ثلجي ، عمم لافوازيه ولابلاس كل الملاحظات ، مؤكدين ، منذ 1780 ، ان التنفس ليس الا احتراقاً بطيئاً شبيهاً باحتراق الفحم . وكانا مخطئين عندما ردا التنفس الى احتراق الفحم فقط ، كما اعترف بذلك لافوازيه سنة 1785 في مذكرة حول « الفساد الذي يصيب الهواء المتنفس» ، حيث عرض التنفس كعملية ، مفعولها ليس فقط احداث الغاز كاربونيك ، بل أيضاً إنتاج الماء بفعل احتراق الهيدروجين . وقد اخطأ فضلاً عن ذلك ، عندما أشار الى الرئة كمكان وكموقع الاحتراق توزع منه الحرارة المنبثقة عن هذا الاحتراق ، مع الدم في الجسم .

وأخيراً استطاع لافوازيه ـ وهو يتمرن مع سيغين Seguin على القياسات التجريبية الأولى حول قدرة الطاقة البيولوجية البشرية (وقد قدم سيغين نفسه كموضوع تجربة) ـ ان يلخص الاعمال التي عرضتها « المذكرات » : « حول تنفس الحيوانات » (1798) وحول « عرق الحيوانات » (1790)ضمن بيان بشكل مبدأ ، كثيراً ما ورد ذكره :

« عند مقاربة هذه النتائج من النتائج التي سبقتها ، نرى ان الآلة الحيوانية هي محكومة ، بصورة رئيسية بثلاثة منظمات رئيسية : التنفس الذي يستهلك الهيدروجين والكربون والذي ينتج الكالوريك (الحرارة الجسدية) ؛ العرق الذي يزيد أو ينقص بحسب ما إذا كان من الضروري حمل كثير أو قليل من الكالوريك ؛ وأخيراً الهضم الذي يقدم للدم ما يخسره بفعل التنفس أو العرق » .

فكيف يمكن ، بهذا الشأن ، عدم الاحساس بأن لافوازيه ـ وهو الجيولوجي والكيميائي بالتكوين والممارسة ـ قد عرف كيف يرى في الظاهرات التي يعالجها بالكيمياء ، سمة أساسية في الكيان الحيواني هي وجود وظائف تنظيم . ففي حين أن كل معاصريه من الاطباء اكتفوا بإبراز غائيتها مستعملين ومسيئين استعمال الحكم الأبقراطية ، نرى لافوازيه يقيس أثارها المتأرجحة بكل الدقة المتاحة له يومئذٍ ، ثم امساكه فيها بضرورة الحفاظ على الثوابت البيولوجية التي ما زالت اواليتها تفوته .

وإذا كانت اكتشافات لافوازيه تتحول بالحال ، في فكره ، الى تطبيقات متعلقة بالعناية الصحية بقاعات المستشفيات أو الابنية المعدة كسجون واصلاحيات ، فإنه يجب أن لا نغفل أهميتها على صعيد النظرية الفيزيولوجية وحتى على صعيد الفلسفة البيولوجية . وقد وضعت هذه الاكتشافات حداً لنقاش،

طويل حول أسباب الحرارة الحيوانية . وحتى لا نذكر إلا المؤلفين الاكثر حداثة ، إذا كان كيميائيو القرن 17 ، أمثال هلمونت اوسلفيوس Helmont ou Sylvius ، قد عبروا عن الحرارة الحيوانية ، الاول بتخمير في القلب ، والثاني بالمزيج الفوار بين الدم الوريدي والكيلوس فإن متساهل بالمقابل ، المعتبر بحق احد تلاميذهم ، لم ير في هذه الظاهرة إلا المفعول الميكانيكي للخلط وللاضطراب الذي يحدثه التنفس في الدم ، مفعول يزداد بفعل القوة المطاطية التوسعية للهواء المتنفس . ومال هالر نحو تفسير مماثل ، ملزماً نفسه بالاعتراض بأن الاحتكاك وحده غير كاف ، في حالة الماء ، لرفع درجة حرارته الى نقطة شبيهة بدرجة حرارة الدم . وقد اعتبر ، في جميع الأحوال ، إن القلب وبقية الجسد غير قادرين على احداث الحرارة ، بدون معونة الرئتين . وهكذا يتبين أن لافوازيه اعطى الحق لكل الذين ، منذ الايونيين ، كانوا يشبهون ميتولوجياً الهواء بالنار ، النفس واللهب ، ضد جميع الذين كانوا ـ منذ ديوكليس الكاريستي Dioclès de Caryste ـ يعتبرون الهضم المصدر الداخلي للحرارة الحيوانية ، أو الذين كانوا ـ على اثر ارسطو ـ يقولون بوجود حرارة ذاتية داخلية مركزها القلب ، وإنها تصد وتعدل بالمفعول المبرد للتنفس . وبدت الكيمياء الجديدة الهوائية ـ وهي تحطم عدة خرافات كالورية واحيائية متعلقة بالنار الحياتية ـ اكثر تساهلاً بالنسبة الى واحد منهم[1] .

مقام الحرارة الحيوانية ، أعمال سبالانزاني Spallanzani

ولكن نهاية النقاش حول أسباب الحرارة الحيوانية اخذت تتطابق مع بداية نقاش حول مكان هذه الظاهرة . وقامت صعوبات اثارها اقتراح لافوازيه ومفاده ان اكسدة الكاربون والهيدروجين الدمويين تتم في أوعية الرئة ، بفعل الاوكسيجين في السائل الهيدروكربوني المفروز في هذه الاوعية . وقامت اعتراضات قدمها ، سنة 1791 ، جان هنري هاسنفراتز Jean-Henry Hassenfratz ، مساعد سابق للافوازيه اصبح تلميذاً للرياضي لاغرانج Lagrange ، الذي يعود اليه فضل تصورها . فإذا كانت كل حرارة الجسم تتحرر بدءاً عند مستوى الرئة ، فكيف يمكن لهذا العضو أن لا ينشف أو على الاقل كيف يمكن لحرارته أن لا تكون ارفع بكثير من حرارة بقية الاعضاء ؟ أوليس من الاكثر احتمالاً ، بالعكس ، أن تتحرر الحرارة الحيوانية ، في كل أقسام الجسم حيث يتوزع الدم ؟ بحسب لاغرانج ، يتعبأ الدم الرئوي ، عند تماسه بالهواء المتنشق ، بالاوكسيجين الذائب الذي يعطي امتزاجه بالكاربون والهيدروجين الدمويين الغاز كاربونيك والماء المحررين ، عودة في الهواء المزفور . هذا التفسير الصحيح ـ مع التحفظ بشأن القول أن الاكسدة لا تحدث في الدم ، بل ضمن الخلايا بالذات ـ يجب أن ينتظر التأكيد عليه تجريبياً حتى سنة 1837 ، عندما نجح غوستاف ماغنوس Gustav Magnus ، باستعمال المضخة الزئبقية ، في اكتشاف وجود الغاز الحر في الدم الوريدي والدم الشرياني . وضمن نفس ترتيب الافكار كشف نشر (بعد الوفاة من قبل جان سينبيه Jean Senebier) « مذكرات حول التنفس » (1803) ، ان سبالانزاني (1729-1799) قد كرس السنوات

(1) راجع باشلار Bachelard علم نفس النار ، فصل 5 : « كيمياء النار ، تاريخ قضية خاطئة » .

الاخيرة من حياته للتجريب المنهجي حول شروط التنفس لدى اللافقريات والفقـريات ، ضمن خط أفكار لافوازيه ، وقرر سبالانزاني ، سنداً لآلاف التجارب ، إن الاعضاء كلها ، وكـل الانسجة هي التي تمتص الاوكسجين وتفرز الاسيد كاربونيك ، وان امتصاص الجلد للاوكسيجين ، عند البرمائيات والزواحف ، قد يتجاوز في الزخم الامتصاص عبر الرئات ، وباختصار ان الرئة عند ذوات الرئات من الحيوانات ، هي عضو تعبير وليست عضو ممارسة وظيفة متمادية تشمـل الجسم بأكمله . وقـد وضع سبالانزاني ـ وهو يفصل بتجاربه الوظيفـة التنفسية عن وجود الاعضاء الرئوية ، وبشكل أفضل من لافوازيه ، وبفضل طرقه في الفيزيولوجيا المقارنة ـ أسس فيزيولوجيا عامة .

II ـ الهضم

رأينا ان لافوازيه حسب الهضم من بين منـظمات الآلة الحيـوانية . فكـان من الطبيعي اذن ان يقـترح على نفسه درسه . ونعرف أنه في سنة 1791 أعلن عن « مذكرات آتية » حول هذا الموضوع . ولكن لا شيء في سجلات أعماله ، المتوفرة لدينا ، يتيح القـول ما إذا كـانت التجارب حـول الهضم قد تمت بالفعل . إن أعمال سبالانزاني حول هذه النقطة والسابقة لبحوثه حول التنفس ، ليست مدينة بشيء الى لافوازيه ، بل الى ريومور .

النـظريات المختلفـة ـ انقسم تفسير ظـاهرات الهضم ، في النصف الأول من القـرن الثامن عشر ، الى مدرستين ، وبالتالي الى نزيتين ، مدرسة الطب الميكانيكي ومدرسة الطب الكيميائي . لقد رد بورلي Borelli ، في القرن السابق ، الهضم الى عمل ميكانيكي ، تحلي عظيم الـدقة ، وتشكـل عملية المضغ فيه المرحلة الاساسية . وقـد اثبت ، برفقـة ريدي Redi ، القـوة الميكانيكيـة للتفكيك المتطور بالحويصلة (القانصة) العضلية عند الدجاجيات ، واقترح بيتكرن وهيكت Pitcairn, Hecquet تفسيرات مماثلة . وكانت هذه النظريات كلها تتعارض مع نظريات الكيميائيين . لقد علّم فان هلمونت Van Helmont (Sextuplex digesto, alimenti) إن الهضم يتم في المعدة ، بتأثير خميرة آسيدية لا تنتجها المعدة ولكنها تتلقاها من الطحال . وتتدخل خمائر أخرى فيما بعد ، مثل خميرة المـرة (المرارة) ، وخميرة الكبد . وأشار ستارلن Starling ، أنه في الحقبة التي كانت فيها الصفراء وحدها معروفة بأنها إفراز يصب في الجهاز الهضمي ، كانت فرضية فان هلمونت بـالواقـع أقل استحـالة ممـا يبـدو : وعندمـا اكتشف ستينون Sténon القنـاة المفرزة للنكف (أو إفـرازات الغدة النكفيـة [تحت الاذن] (1662) وربط بعمل هذه الغدة انتاج الريق ، استطاع سيلفيوس Sylvius ان يعتبر (1663) ، وبدون تجاوز ، الهضم كـظاهرة كيميـائية تحت تـأثير العصـارات من نمط اللعاب . وهـو تفسير ايـده اكتشاف العصارة البنكرياسية ، عندما اجرى دي غراف De Graaf ، تحويل القناة البانكرياسية عند الكلب الى الخارج . (1664) .

في القـرن الثامن عشر مـزج بورهـاف هذين النـوعين من التفسـير . فرأى في الهضم ظـاهـرة

ميكانيكية (علك ثم تقلص معدوي)، تنتهي بعملية كيميائية في تذويب وتحلل بتأثير من اللعاب ومن العصارة المعدوية .

ولكن بحسب بورهاف ، وخلافاً لرأي فان هلمونت ، تبدو حموضة (اسيدية) العصارة المعدوية هي الأثر وليست سبباً في الهضم . إن الأثر الكيميائي للاطعمة بعضها على بعض قد انطلق بفعل البقايا الباقية من الهضم السابق .

وحرص هالر ، تلميذ بورهاف ، على أن يبين في المعدة وجود نوع من الآلة (« آلة بابان Papin ») وهي مسخن حيث تمرث الاطعمة ضمن ظروف مجتمعة من الحرارة والرطوبة والتهوئة . فالحرارة تعمل على تحلل الاطعمة ، ولكن اللعاب والعصارة المعدوية « وكلها سوائل تميل الى القلوية » تمنع الأطعمة من أن تتحمض تماماً . « وإذن لا يوجد في هذه الامكنة ، أي نوع من الخمائر ، يتعارض مع صفة هذه السوائل ومع غايات الطبيعة » . لا شك ان هالر يدخل بين الأسباب العمل الميكانيكي لتقبض عضلات المعدة ، ولكنه لم يلاحظ في هذه الحركات شيئاً يشبه الهرس كما يحدث لدى الطيور آكلة الحصى المحرومة من الاسنان . وعلم هالر ان الصفراء تقضي على الحموضة الطبيعية في الاطعمة المهضومة من قبل المعدة ، وتحضرها بصورة أفضل للتحلل وتحفز التمعج والتقبض المعدوي ، وإن العصارة البنكرياسية تميع الصفراء وتقوم بوظائف شبيهة بوظائف اللعاب . ويعرض هالر وجهات نظره (المانتا فيزيولوجيا ، مجلد 6) ، وفقاً لطريقته المعتادة ، راداً تعددية التفسيرات المقترحة من قبل كتاب آخرين ، ولكن ، وكما حصل له أكثر من مرة ، دون أن يرى في أي منها زوال كل الأخريات . ولهذا اقتيد الى ذكر أعمال ريومور وامتداحها دون أن يعطيها اية أهمية خاصة .

تجارب ريومور Réaumur ـ كان ريومور قد اشتهر سابقاً بـ « مذكرات في خدمة تاريخ الحشرات » ، ونشر سنة 1752 ملاحظاته « حول هضم الطيور طعامها » ، ولكي يقرر بين ثلاثة أنواع من التفسيرات المقترحة : الهرس الميكانيكي ، والتحلل ثم التذويب بالعصارة المعدوية ، تخيل ريومور بعبقرية استعمال سلوك تجشؤ الصقر فبلّع (ثم استرجع بناء للطلب) احد طيوره ، أنابيب صغيرة من المعدن المثقب تحتوي على مختلف من الاطعمة . ولم تظهر الاطعمة المجشأة اي اثر للتحلل وهضمها ، المتقدم نوعاً ما ، قد تم بمعزل عن الافعال الميكانيكية العضلية ، واحتوت الانابيب الحامية آثاراً من سائل مغثي متلألىء، مذاقه حاد . وإذا كان هذا السائل المذيب للحوم ، لا للعجائن ، هو السبب الفعال في الهضم ، فبأي مذيب كيميائي معروف يمكن تشبيهه ؟ وإذا كانت السببية الكيميائية هي العامل الحاسم في العملية فهل بالامكان ملاحظة مفعولها خارج المعدة ؟

وقد ابلع ثم استرجع من صقره بالتجشؤ قطعاً صغيرة من الاسفنج وحصل على بعض النقط من السائل ، بالعصر ، ثم حاول ريومور أن يستثير هضماً اصطناعيا . وإن هو لم يتوفق الى ذلك أولاً ، إلا أنه على الاقل حصل على الضمانة بأن الهضم ليس جبلاً ، ولما مات صقره ، استعمل ريومير حيوانات أخرى من بينها كلبة وبط . واستنتج من تجاربه وجود عمليتين مختلفتين في الهضم ، عملية الطحن

الميكانيكي لدى آكلات الاعشاب وآكلات الصخور ثم عملية التحليل الكيميائي لدى آكلات اللحوم . وكانت نتيجة التجارب سلبية بشكل خاص . فالعصارة المعدية لا تؤدي أولا تتسبب بفساد الطعام بل بمنعه . ولم يتوصل ريومور إلى تحديد طبيعة هذه العصارة بشكل دقيق وإلى القول ما إذا كانت هي الشرط الاساسي والكافي للهضم ولكنه حصلت لديه الفكرة الأولى عن تقنية تجريبية : هي الهضم المصطنع ضمن الزجاج In Vitro .

ما قدمه سبالانزاني Spallanzani ـ هذه التقنية هي التي استغلها سبالانزاني الذي أخذ يعيد التجارب التي قام بها ريومور، لحسابه الخاص. وهنا ضاعف أيضاً سبالانزاني ـ متحضراً بدراساته كعالم طبيعي ، لمعالجة مسائل فيزيولوجية بحسب الطريقة المقارنية ـ تجاربه على الحيوانات الاكثر تنوعاً ، قبل أن يتخذ نفسه بنفسه كموضوع تجربة.. ولكي يحصل على العصارة المعدوية بلع الحيوان اسفنجات صغيرة كان يستخرجها فيما بعد أو أنه كان يفتح معدة الطير وهو صائم . وهو أول من نجح في اجراء هضم اصطناعي بأن وضع تحت ابطيه طيلة يومين أو ثلاثة أنابيب تحتوي ، مع العصارة المعدوية اللحم والقمح المهروس . واستطاع بالتالي ملاحظة ذوبان هذه الاطعمة من دون أي فساد . وحول هذه النقطة الاخيرة أيدت استنتاجاته استنتاجات ريومور. ولكنه اضطر الى مناقضتها فيما يتعلق بالفرق المفترض بين نمطين من الهضم، الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي ، والوظيفة الهضمية لدى آكلات الصخور كما لدى آكلات الحشائش تقتضي وجود العصارة المعدوية . وعلى كل حال وحول نقطة مهمة ، لم يقل سبالانزاني أكثر مما قال ريومور. وهو لم يقطع بأمر طبيعة العصارة المعدوية بل إنه لم يتوصل الى اكتشاف حوضتها . وكرميناتي Carminati هو الذي سوف يؤكد على حوضة العصارة المعدوية (بحث حول طبيعة العصارة المعدوية ،ميلانو 1785) ، وكان لا بد من انتظار بروت Prout من اجل تحديد الاسيد كلوريدريك في العصارة المعدوية (1834) .

نشير أن ستيفنس Stevens من ادنبرة ، قد نشر سنة 1777 تحت عنوان « وصف فيزيولوجي للاطعمة . . »ـ وذلك بآن واحد تقريباً مع المذكرة الأولى التي وضعها سبالانزاني (أو بيسكولا ديفيسكا انيمالي وفيجيتالي ، 1776) ـ نتيجة البحوث التجريبية حول الهضم عند الانسان . ولكن ستيفنس بخلاف سبالانزاني جرب على الانسان وذلك حين عالج مهرجاً فقيراً يبلع الحصى ، كما فعل ريومير في صقره وسبالانزاني في دجاجه .

وكان من الملحوظ ان وظيفة المعدة في الهضم هي التي درست قبل كل شيء ، بصورة وضعية في النصف الثاني من القرن الثامن عشر . أما الطريقة ، فقد ظلت البحوث حول الهضم وصفية خالصة ونوعية اجمالاً . وكان المطلوب عزل الاسباب ، من اجل الانتقاء بين عدة تفسيرات ، بدلاً من قياس آثارها . وهنا يكمن الفرق الكبير مع أعمال لافوازيه فيما خص التنفس . وقد رفعت هذه الاعمال الميزان وهو آلة الكيميائي الى مرتبة المفهوم الفيزيولوجي . ووراء جفاف الميزانيات المتعلقة بالطاقة ، ووراء تجريد أحد قوانين الحفظ ظهرت سريعاً مفاهيم الايضية Métabolisme في الجسم الفردي ، والميزان الحيوي في القشرة الحية التي تحيط بالارض ، وبدون أن يقصد وبفعل سخرية تاريخ العلوم

خلّص لافوازيه الكيميائي ، من تهمة الاسراف والتطرّف ، الطبيب الشهير ، صاحب الميزان ، بابا المطببين الميكانيكيين ، سانتوريو Santorio .

III ـ الدورة الدموية

لم ينفك الطموح الى تحديد ، عن طريق القياس والحساب ، قوانين الظاهرات الفيزيولوجية ـ لم ينفك يحفز البحوث لدى دعاة الطب الميكانيكي ، الملقبين أيضاً وبحق المطببين الرياضيين . وكان هذا هو التبرير الأقل عرضة للشكوك في مزاعمهم أو مسلماتهم . فدورة الدم وتقبض العضلة قد استلفتا على الدوام وبصورة انتقائية انتباه الاطباء من هذا الاتجاه .

وهذه المشاكل لم تكن نظرية فقط . وحلولها الممكنة تهم أيضاً الممارسة الطبية العملية والجراحية ، وبصورة خاصة السلوك الواجب اتباعه في اجراء الفصد . وليس من المستغرب إذاً أن يرتئي أطباء مثل فرنسوا كيسني François Quesnay (1694-1774) وكلود لوكات Claude Le Cat (1700-1768) ، أو مهندسون مثل فوكانسون Vaucanson (1709-1782) ، وان يعدوا بناء تشريحات متحركة ، اي في هذه الحالة الات هيدرولية كنماذج ميكانيكية لظاهرات دورة الدم ـ وأيضاً للهضم ، وعلى العموم للوظائف الرئيسية ، في الجسم الحيواني[1] .

القياسات الاولى ـ لخص هارفي Harvey في كتابه « موتوكوردي » ملاحظاته كعالم تشريح ، وملاحظاته كمشرح حيوانات حية . ولم يدخل حساب وزن الدم المدفوع من قبل القلب إلا ليقوي موقفه الرافض للقول بأن مثل هذه الكمية من الدم تفرز باستمرار من قبل بعض الاعضاء الداخلية وانها تتشتت وتضيع عبر الجسم . وقد لاحظ بوريلي Borelli ، أولاً ، في الوظيفة الدورانية ، عندما ثبتت وبرزت ، وجود ظاهرة متميزة من أجل تطبيق قوانين الميكانيك الهيدروليكي . ونتيجة لذلك ، فقد حاول أن يحسب قوة التقبض السيستولي في القلب . وبعد أن قرر أن قوة التقبض في عضلة ما تتناسب مع حجمها ، وبعد أن قدر أن حجم القلب الانساني يساوي حجم العضلة الماضغة وعضلة الصدغ مجتمعتين ، وبعد أن قاس قوة التقبض بالوزن الذي يعادلها ، عندها حدد بوريلي لـ 3 آلاف ليبرة رومانية (ليبرة تساوي 327,45 غرام) قوة تقبض القلب . أما الضغط الطارىء على الدم فقدره بعد حسومات محسوبة وموزونة بـ 135 الف ليبرة .

وفي بداية القرن خصص جامس كيل James Keill (1673-1719) ، في كتابه تنتمينا مديكو فيزيكا 1718 ، خصص ثلاثة بحوث بمسائل كمية الدم وسرعة الدم وقوة القلب وقدر وزن الدم عند الانسان الذي يزن 160 ليبرة بـ 100ليبرة ؛ وقدر الطريق الذي يقطعه الدم في الشريان الاعور لمدة

(1) راجع حول هذه المسائل دراسة آ. دويون A. Doyon ول. لياغر L. Liaigre ، « جاك فوكونسون Jacques Vaucanson ميكانيكي موهوب » ، باريس ، المطابع الجامعية الفرنسية ، 1966 (فصل 7, 6, 5) .

ساعة بـ 5,23 قدم(اي 1,60متر) تقريباً . وقدر قوة القلب بحوالي 12أونصة (340غرام تقريباً)[1] .

« هامستاتيك » ستيفن هال Stephen Hales - (توازن الدم في الاوردة) - كان هال مجرباً بارعاً ورجل دين متحمّساً. ونشر في المجلد الثاني من كتابه « محاولات احصائية » الذي عنوانه هامستاتيك (لندن ، 1733 ، ترجمة فرنسية مع إضافات من قبل بواسيه ديسوفاج Boissier de Sauvages 1743)، نشر مداخلة مهمة في الميكانيك الدوراني. وقد سبق له أن قام بأعمال مهمة في البوتانيك الرياضي . وكتابه فيجتابل ستاتيكس 1727 يتضمن إعادة اجهزة بناها بنفسه من احل قياس تغيرات الضغط في جذور الاشجار وأغصانها. وكان من الطبيعي إذاً أن يسعى هال الى قياس ضغط الدم في الأوعية الدموية كذلك ، مستخدماً مانومتراً مصنوعاً من أنبوب طويل من الزجاج ، موصولاً بأنبوبة مرة بعرق الوداج تحت الحنك ، ومرة بالشريان الثباتي في الرقبة أو في الشريان الفخذي في الحصان والكلب والنعجة . وأثبت ان ضغط الدم مختلف في الشرايين عنه في الاوردة (في الحصان يرتفع الدم 9 اقدام - 2,8 متر تقريباً - في الشريان الفخذي ، 15بوصة - 38سنتيمتر تقريباً - في الوريد العنقي) وإن هذا الضغط يتغير بحسب انقباض القلب وتمدده (السيستول والدياستول) . وإنه يختلف بنوع الحيوانات ، وإنه هو ريازة لحالة القلب .

وكل المؤرخين في الفيزيولوجيا يتفقون على أن همستيك هال (توازنات الدم في الاوردة) ، تمثل مع الأخذ بعين الاعتبار تلمسات بوريلي وكيل ، العمل الوحيد والمهم حول فيزيولوجيا دوران الدم ، قبل أطروحة جان بوازيو Jean Poiseuille : بحوث حول قوة القلب الاورطي 1828 اي طيلة قرن من الزمن .

وعرف هالر أعمال هال وذكرها ولكنه اعتبرها كتطور لافكار بوريلي Borelli ، دون أن ينجح في أن يرى فيها جدة فكرة الضغط الشرياني .

المكملون أو المتابعون - إن أهمية وأصالة بحوث هال يجب أن لا تغطي مكانة أعمال البحوث التي عملت فيما بعد وتبعاً لنتائجها ، على تقدم الحل بالنسبة الى مسائل توازن الدم وتحركه ، وصاغ برنولي Bernoulli ، وهو استاذ تشريح في بال من 1733 الى 1751 ، لاول مرة مبدأ حساب صحيح للعمل القلبي ، كنتيجة لوزن الدفقة البطينية بمقدار الانتقال الانقباضي (السيستولي) ؛ واضيفت اليها أعماله حول السيلان المقارن للسوائل في الانابيب الجامدة والاوعية الحية (هيدرو ديناميكا ، 1738) وعاد تلميذه - دانيال باسافان Daniel Passavant (دي في كورديس 1748) ، انطلاقاً من معطيات هال حول الضغط الدموي - الى حساب العمل القلبي فاقترب من المعطيات المقبولة حالياً .

---

(1) من المقبول اليوم أن كتلة الدم تساوي ثلث وزن الجسد البشري ، وأن سرعة الدم هي 50سنتيمتراً في الأعور ، وأن العمل الذي يوازي فيضان أوموجة البطين الأيسر هو 0.1 كيلوغرام متر .

ومنذ آخر القرن السابع عشر طرحت بصورة خاصة ، مسألة أسباب حركة الدم في الاوردة ، وفي الاوعية التي ليست ذات ارتباط مباشر مع الشرايين . وانكر بورلي على القلب ، رغم اعترافه له بالقوة ـ قدرته على دفع الدم في الاوردة . من هنا أهمية الملاحظات الأولى التي قام بها مالبيجي (1661) Malpighi وليونهوك Leuwenhook (1690) ، بعد أن طبق الميكروسكوب على أغشية احشاء الضفدع وعلى ذنب الشرغوف (الضفدع الصغير) لمعرفة الدورة الدموية في الشعيريات . وقام كوبر Cowper باجراء مراقبة مماثلة لاغشية احشاء هر (1697) . وهالر (موتو سانفينيس 1752) هو الذي مدد قوة القلب بصورة نهائية وحتى الشعريات ، وذلك بمراقبة توالي النبضات ضمن الشرايين والشعريات ، وأتاحت له نظرية اللاانفعالية ـ كما لستاهل عقيدته حول التحظر بـ قوة تقبض العضلة] ـ ان يعطي غلاف الاوعية الشعريه ، السببية الاضافية للحركة الدموية الموجودة في هذه الاوعية . وقدم سبالانزاني لهذه المسألة مساهمة مهمة عبر مذكراته « حول الدورة الدموية الملحوظة في اجمالي النظام الوعائي » ، «حركات الدم مستقلة عن عمل القلب» ، « نبضات الشرايين » (1773)[1] .

IV ـ التقلص العضلي

ربما ، أكثر من دورة الدم ، تعرض التقلص العضلي ومفاعيله : توقف ، نقل ونشاط الجسم الحيواني لتشمله ، فيزيولوجياً ، مفاهيم الميكانيك وقواعده . وقد شبه ارسطو ، في دراساته حول حركة الحيوانات ، طرف الحيوان المفصلي بآلة رفع او دفع . وأوصل التشبيهُ الديكارتي للحيوان بالآلة المقارنة الارسطية الى احجام وابعاد النظرية . ومن جهة أخرى ، كان من المقرر كلاسيكياً منذ أن أثبت اراسيسترات Erasistrate ، وغاليان Galien ، الشلل العضلي على أثر ربط العصب المقابل ، أن يفسر تقلص العضل بتدفق الأرواح الحيوانية اليه آتية عبر العصب انطلاقاً من المركز الدماغي .

تلك هما ، في بداية القرن 18 ، الفكرتان الرئيسيتان الموجهتان في علم الاعصاب ، فيما يتعلق بالمفاعيل القابلة للقياس ، بالنسبة الى التقلص وأسبابه . ولكن ، بخلال القرن ، كان تطور الفرضيات الفيزلوجية مرتبطاً ، بالطبع ، بتقدم التشريح ، ليس فقط فيما يتعلق ببنية العضلة ، بل وأيضاً ببنية العصب والمراكز العصبية . وفي هذا افضل بيان عن الفكرة المتكونة ، يومئذٍ ، عن عمل الفيزيولوجي : تحريك التشريح ، بحسب تعبير هالر (فيزيولوجيا ، آناتوميا آنيماتا) . فضلاً عن ذلك ان هذا التطور مرتبط باتخاذ مواقف عامة ، فيما يتعلق بنماذج التفسير في البيولوجيا : الميكانيك او الكيمياء ، كما قبلا في نهاية القرن الماضي .

---

(1) لقد سبقت الترجمة الفرنسية لهذه المذكرات على يد توردس Tourdes (1800) بنبذة عن الحياة الأدبية لسبالانزاني ، نبذة هي ، مع الإشارة بسبالانزاني من قبل جان سينيبيه JeanSenebier ، خير مصدر إعلامي حول هذا العالم . راجع كتاب جان روستان Jean Rostand : جذور البيولوجيا التجريبية والأباتي سبالانزاني ، باريس 1951 .

نظريات القرن السابع عشر ـ شرح ديكارت في كتاب « الانسان » (1662 باللاتينية و1664 بالفرنسية) تقبض العضلة بانتفاخها ، بتأثير فيزيائي خالص لضغط هوائي . فالارواح الحيوانية مدفوعة بالقلب ، وموزعة بالدماغ ، ومجرورة بالاعصاب تُقلص العضلات بنفخها ويثير تنقلات قطع الهيكل العظمي بتقريب نقاط التداخل العظمية من الاوتار أو الربطات .

في حين ان ويلس Willis (سربري أناتومي ، 1664 ؛ موربيس كونفلسيفي ، 1667 ؛ موتو مسكولاري 1670) ، سحب من ملاحظاته العيادية الفكرة القائلة بأن الشكل التفجري او التكززي ، في بعض الحالات المرضية ، لا يمكن أن يفسر بنموذج ميكانيكي عادي . وقارن العضلة بآلة نارية واعتقد بأن التقلص له اسباب كيميائية تحدثاً مفعولاً مشابهاً لانفجار بارود المدفع . في هذه الفرضية لا تجر الاعصاب ، نحو الاطراف ضغطاً هوائياً من أصل مركزي ، بل تسحب روحاً لطيفة تمتزج بالدم وتثير مكاناً اشتعالياً ذا مزيج كيميائي متفجر .

ومزج المشرح الشهير ستينون Sténonفي كتابه : المتوروم ميولوجيا . . . 1667 ، نتائج التشريح الدقيق لنسيج عضلي ، بمبادىء بناء جيومتري ذي رسيمات رمزية . وبين ان العضلات المؤلفة من عناصر بسيطة هي الالياف المحركة التي تشكل متوازياً منحرفاً بفضل انتشارها فوق أوتار شبيهة بالزوايا الممتدة والمسطحة . وأعاد ستينون Sténon تركيب الأنواع التشكلية للعضلات وفقاً لترتيب عقلاني وأعطى لوصف التقبض شكل مسألة جيومترية متعلقة بتنوع السطح في ظل شرط حجم ثابت .

وطبق بوريلي Borelli (موتيي انماليوم ، 1680-1681) ، وبصورة منهجية مبادىء سكون العتلة ، على قياس قوة تقبض العضلات في الجهاز العظمي . وفي ظل هذه العلاقة ، تعتبر أعماله ، انطلاقاً من الصورة الارسطية ، امتداداً الفيزياء الرياضية عند غاليليه وديكارت . ولكن بوريلي ، بخلاف ستينون ،بحث بالاوالية الداخلية في تقلص الالياف . وبمعنى من المعاني ، وافق الكيميائيين من اجل اعطاء السببية الاساسية للظاهرة ، إلى ظاهرة محلية تخميرية والى غليان مزيج من العصارات العصبية والدموية .

وبمعنى آخر أصر بوريلي Borelli على تفسير ميكانيكي : في العضلة المصنوعة من ألياف منتظمة بشكل مسابح من البطون والعقد تشبه ميكانيكياً سلاسل الحلقات المطاطية القابلة للتغير ، والاجزاء المتمددة من مزيج في حالة الغليان ، تنتشر كما لو كانت زوايا تغيرجيومتري في بُنيتها .

وعندما تمت إعادة طباعة كتاب بوريلي في نابولي سنة 1734 ، أضيف اليه ملحقان بفضل جان برنولي Jean Bernoulli : « التفور والتخمر » 1690 ، و« تحرك العضلات » 1694 ، وهما لم يصححا بصورة أساسية المبادىء التقليدية في التفسير ، وقلما تجاوزا المفاهيم التشريحية الرياضية عند ستينون، كما أنهما لم يحلاّ الضائقات الميكانيكية الكيميائية عند بوريلي . وتمسك برنولي مثل بوريلي بالليفة العضلية باعتبارها مكونة من حويصلات بشكل مسبحة يعتبر تورمها عند التقبض، مسبباً بتدفق لا الدم بل الهواء الذي يتسرب في خلاياها . وطبق برنولي على قياس تقلص الالياف نظرية المنحنيات والتحليل

التفاضلي . ولكن هذه الرياضيات مهما كانت مرتبطة بهندسة ستينون فإنها لا تعطي أهمية الى هذا الطب الرياضي المجدد .

تأثير العلم النيوتني ـ ان العلم النيوتني ، وقد استورد ، كما رأينا من حسابات برنولي ، من خلال فيزيولوجيا العضل قد تسرب اليها بشكل آخر . وقد كان من المؤكد ان احلال نظرية الجاذبية محل الفرضيات الكوسمولوجية الديكارتية قد امتد أيضاً إلى المجال البيولوجي . وأعطى نيوتن بذاته المثل ، في كتابه أوبتيكس، (1704) حين عالج وبنفس الطريقة وبنفس الأسلوب المسائل الفيزيائية والمسائل الفيزيولوجية ، في الرؤية ، باحثاً في ذبذبات الاثير المنقولة بواسطة الاعصاب ، عن مفتاح تفسير ظاهرات الاحساس والحركة ودون اي تغير في الطموحات الطبية الرياضية أصبح العديد من الاطباء ، خاصة في انكلترا أولاً اطباء نيوتونيين إن أمكن القول .

يقول ك . سبرنجل K.Sprengel : في هذه الحقبة بدت فلسفة نيوتن لعديد من الاطباء هي النقطة الوحيدة التي يجب الانطلاق منها لإعطاء الفن الطبيْ يقيناً رياضياً » (تاريخ الطب ، ترجمة فرنسية ، 5,1815، صفحة 170-171) .

وفي نظرية الافرازات ، بشكل خاص جرت محاولة من اجل استيراد فكرة الجاذبية . ولكننا لا نقف هنا إلا عند الجهود المبذولة من أجل تجديد نظرية الحركة العضلية .

ويبدو أن جامس كيل James Keil هو الذي عرض أول محاولة لتفسير التقلص العضلي بواسطة قوة جذبية تحدثها في الدم الارواح الحيوانية ، التي ينتج عنها التمدد الكروي في الحويصلات التي تتكون منها الالياف . (واسم كتاب كيل : تنتامينا مديكوفيزيكا 1718) .

وقد حاول جورج شين George Cheyne (1671-1743) الذي كان يدرس التقلص في علاقاته مع وظيفة الاعصاب (المرض الانكليزي أو معالجة الامراض العصبية من كل الانواع ، 1735) ، كما فعل ويلس Willis من قبل في القرن السابع ، ان يتفادى نظرية الارواح الحيوانية ، وفسر التقلص بفعل التمدد أو المطاطية والجذب ، نظراً لان الالياف العضلية تحفز بذبذبات أثير عصبي داخلي ، وهو نوع من الوسيط من مبدأ فهم كل حركة . وفي مطلق الأحوال ، ارتكز شين على سلطة نيوتن ليرفض كل بحث حول جوهر الاحداث ، فاعتبر ممكناً جداً وجود مبدأ حيواني للنشاط الذاتي والحركة الذاتية . وحاول بريان روبنسون Bryan Robinson في كتابه « كتاب جسم الحيوان » 1734 ، أن يبحث أيضاً عن سبب الحركة العضلية في الحركة التذبذبية لاثير حيواني .

ولا يخلو من الفائدة أن نشير الى أنه ، في العقود الأولى من القرن الثامن عشر كان النقاش ما يزال قائماً حول وجود وحول طبيعة السائل العصبي ، وتدخل الارواح الحيوانية في العضلات كشرط موجب لتقبضها ، وذلك بسبب استمرارية الجهل لتجربة حاسمة أجراها سوامردام Swammerdam فقد بين سنة 1658 ، أمام دوق توسكانا ، إنه بالامكان عن طريق الاثارة الميكانيكية للعصب ، التسبب في تقبض عضلة الضفدع المقطوعة ، وإن طالت المدة بقطع العلاقة العصبية بين العضلة

والحبل الشوكي ، وبعدد من المرات كثير ، دون تغير في حجم العضلة . وقد استنتج سوامردام من هذه الظروف الثلاثة في تجربته بأن ظاهرة التقبض لا تتعلق بنقل سائل ذي طبيعة معينة من خلال عصب العضلة . ولكن هذه التجربة لم تعرف إلا بعد أن نشر بورهاف كتاب « انجيل الطبيعة » 1737) باللغة النرلندية و1738 باللاتينية بقلم د . غوب D. Gaub ، 1752بالالمانية ؛ 1758بالانكليزية) .

نظريات بورهاف وهوفمان Boerhaave, Hoffmann ـ كان تفسير التقبض العضلي بالتأكيد هو احد المواضيع التي اختلف حولها ، ويحظ مختلف لكل واحد ، المنظرون الثلاثة الكبار في منتصف القرن : بورهاف ، هوفمان ، وستاهل .

ويبدا بورهاف ، حول هذه المسائلة ، ومن خلال انتقائيته المعتادة ، ميكانيكياً دون تجاوز وكيميائياً بدون منهج . واعتبر الالياف العضلية وكأنها التفريعات القصوى للالياف العصبية ، فنظر ، كما فعل ديكارت ، الى الاعصاب ، بآن واحد وكأنها ألياف قادرة على التذبذب الواسع المتنوع بحسب توترها ، كما اعتبرها كقنوات تجر الى العضلات الارواح التي يفرزها الدماغ . وضغط السائل العصبي في الالياف العضلية هو الذي يسبب التقلص .

أما هوفمان ، فيصعب بشأنه الحسم هل ان العيادة وطب الامراض هما اللذان يقدمان للفيزيولوجيا مبادئها أو العكس . وفي الواقع ، لقد علم بأن الاسباب المرضية تفعل فعلها بصورة رئيسية في الاقسام العضوية الجامدة ، وفي الاعصاب والعضلات ، وان مفاعيل هذه الاسباب ترد الى نوعين من الحالات المتعارضة : الوهن اي الانحطاط والتوتر . وإذاً يعلق هوفمان أهمية بالغة على الحظربة ، اي على توتر «الألياف» ، وتفسيره يمزج ، كما يشاء تأثير أفكار بويل ونيوتن . فمن جهة ، يعتقد ان الدم يلعب دوراً في التقبض ، بفعل مطاطيته ، وذلك عندما ينضغط في حويصلات الالياف العضلية . ومن جهة أخرى انه يؤمن بوجود أثير كمكون أساسي للسائل العصبي .

احيائية ستاهل Stahl ومنشؤها ـ كان لدى جورج ارنست ستاهل شعور حاد ومباشر بعدم رد الجسم الى مجموعة أواليات (ديسكيسيسو دي ميكانيسمي . . . ، 1706 ؛ دي فير ديفرسينت كوربوري . . . 1707 ، تيوريكا مديكا فيرا ، 1708) ، بحيث أنه لم يسع الى دعم تفسيزاته الفيزيولوجية إلا على بروتوكولات العالم التشريحي والا على حسابات الفيزيائي . والوجه المفارق ان هذا المنظر هو تجريبي عملي ، في معارضته للمنظرين الميكانيكيين . ويرى ، في الطب ، ان التجربة ، أي الطبيعة هي التي يجب أن تستشار . وأمانة للأبقراطية في علم الامراض ، ادخل ستاهل من جديد في الفيزيولوجيا المفاهيم الارسطية حول الغائية العضوية وحول النفس . وفي رأي ستاهل ، الجهاز هو الجسم الذي تتفاعل اجزاؤه نحو غايات أساسية من أجل الدفاع عن كينونته . إن الجسم الحي ، كجملة من الاجزاء المتنافرة ، يميل ميلاً طبيعياً نحو التفكك ، يعارضه ترابط الرطوبات مع الحركات الحيوية التي تحكمها النفس . وتنقل الرطوبات والدم داخل الجسد يتعلق بقوى وبضغوطات تختلف أساساً عن القوى وعن الضغوطات الميكانيكية . وهذا يبرر الاهمية التي يعزوها ستاهل للحركة

الحظربية (دي موتو تونيكو فيتالي 1692) . ويبدو هذا المظهر النموذجي للقوة الحيوية وكأنه عمل عامل غير مادي يقول ستاهل عنه أنه النفس العاقلة . وتحت هذه العلاقة ، هو أيضاً يريد أن يكون نيوتونياً على طريقته ، عندما يرفض افتراض تنوعية في الاسباب من اجل تفسير مفاعيل مماثلة فيما بينها . ان كل حركة غير إرادية من الحي هي ، أيضاً ، وبمقدار ما يتكشف فيها من غائية ، حركة تحددها النفس ، وإن بدون حساب واضح وبدون وعي .

الكثير من الشروح الخفيفة خصصت لستاهل ، والكثير من الغموض ما يزال قائماً في غالبية المقارنات القائمة بين أفكاره وأفكار هالر ، حتى ليبدو أنه من غير المجدي أن نثبت هنا نقطة تاريخ وعقيدة

في نظريته حول الحركة الحيوية الحظربية ، يؤلف ستاهل ، بشكل أصيل ، استقراضاً من التعبير واستقراضاً من المفهوم . إن غاليان Galien (دي موتو موسكولوروم ، 8,VII, I) هو الذي سمى حركة حظربية ما يسمى اليوم حظربة وضع ناشط . واستعمل فابريكيو داكوابانـدنتي Fabricio d'Acquapendente نفس التعابير . واستبدل بورلي كلمة موتوس تونيكوس بكلمة آكسيو تونيكا . ولكن مفهوم الحظربة ، كخاصة حيوية أساسية غير مؤلفة من مركب من المفاعيل الميكانيكية ، أوحيت الى ستاهل من مطالعة غليسون Glisson (1597-1677) : « دي ناتورا سبستنتيا انرجتيكا» (1672) و« دي فنتريكولو اي انتستنتينيس» (1677) .

ميز غليسون Glisson ـ وهو يدرس ، تحت اسم « برسبسيو » ، ما نسميه اليوم « اثارة الانسجة » ، ـ بين « الاثارة الطبيعية » ـ اي الاثارة المباشرة للانسجة ، وهي تتحقق بالحركات التقبضية للانسجة المعوية أو العضلية المبتورة ، بالاستقلال عن كل علاقة بالجهاز العصبي ـ وبين « الاثارة الحسية » ، ـ في الحالة التي ينتقل فيها التفاعل المحلي للتقبض عن طريق الاعصاب الى الدماغ ، ويصبح واعياً . و« الادراك الطبيعي » تتجاوب معه الحركة الطبيعية ، التي تحددها الخصائص الداخلية في الالياف . و« الادراك الحسي » تتجاوب معه الحركة الحسية اي الواعية ـ ذات الانطلاقة الخارجية أو الداخلية ـ أي القشورية أو المركزية[1] .

وما يفهمه ستاهل بالحظربة هو الصفة الشاملة صفة الاثارة والتفاعلية في الانسجة . ولكنه لا يفصل ، مثل غليسون ، التفاعلية المحلية والتفاعلية ذات المنشأ المركزي . إن كل تفاعلية محلية هي التعبير الغامض المنتشر لمبدأ حيوي غير منقسم ، هو النفس . وهذا المبدأ هو المسؤول عن حركة الحظربة ، التي هي ميزة الحياة . تلك هي احيائية ستاهل ، الذي اختصر في تفسير الحركة العضلية ، الكثير من الادوات الميكانيكية ومن التوابع التقليدية ، إنما لقاء ـ وهذا ما يجب قوله تماماً ـ زاد اضافي من الميتافيزياء.

---

(1) راجع اوسي تمكين OwseiTemkin ، « الجذور الكلاسيكية في عقيدة غليسون Glisson حول التطور » (نشرة تاريخ الطب 38 ، نمرة 4 ، 1964) .

هالر Haller ونظرية الإثـارة ـ يمكن أن نأمل الآن الاحاطة ـ بصورة أفضل ، بتميّز هالر ، ثم بفهم أسباب سيادة نظرياتـه الفيزيـولوجيـة طيلة قرن من الـزمن . من جهة ، لقـد اطلع هالـر فعلاً عـلى العديد من التجارب حول حركات الحيوانات المقطوعة الزمـن ، وعلى الملاحظات حول تحركات أجنة فاقدات الدماغ ، بحيث رفض فرضية الأرواح الحيوانية كسبب للحركة العضلية . ومن جهة أخـرى لقد استخلص من قراءة غليسون وستاهل فكرة الخاصة الحيوية في الانسجة . فلاحظ ان كل حركة في الاليـاف العضلية تقتصر عـلى تقلص ، في الحي ، وعلى تـراجع ، في الجثـة ، بعـد البـتر . وسنـداً لغليسون ، سمى « اثارة » هـذه الخاصيـة الذاتيـة في النسيج العضـلي (كالقلب والامعـاء) التي لا تلحظ ، بحسب رأيه ، لا على النسيج الخلوي ، اي الضام الرابط ، ولا على الاربطة أو الضمائم ، ولا على الجلد ، والتي تستمر فوق مستحضر طازج من العضل المبتور ، المنقطع العلاقة بالاعصاب أو بالدماغ .

« إن هذه القوة تختلف تماماً عن كل خاصية أخرى في الاجسام معروفة حتى الآن ، والملاحظة بشأنها جديدة . وهي لا تتعلق لا بالوزن ، ولا بالجاذبية ، ولا بالمطاطية ، لانها مختصة بالألياف الطرية وإنها تتوارى في الالياف التي تتصلب » (1747) .

تتعلق قوة اللاإثارة ، بشكل دقيق ووحيد ، ببنية العضلة ، وليست هي مدينة بشيء الى العصب الذي تعتبر « الحساسية » صفته الذاتيـة . وقد اقتنـع هالـر أنه يؤسس هـذا التفريق ، وبقـوة ، على التجربة ، أو بصورة أدق ، على التجارب . إذ بالمئات ، يجب عدُّ محاولاته لكي يفصل ويجمع الانسجة والاعضاء ، نسبة الى وجود أو غياب هذه أو تلك من الخصائص(1) [اللاإثارة أو الحساسية] . ويبدو القلب بالنسبة الى هالر عضواً شديد القابلية للاثارة ، يحفز الدم باستمرار تقبضه . وتأتي بعده بالترتيب الامعاء ، والحجاب الحاجز ، وعضلات الهيكل العظمي . ويقول بوجود قوة ثالثة ذاتية ، وإنْ ثانوية هي « التقلصية » الخاصة بالنسيج الخلوي (الضامة) .

وبالاجمال يسمي هالر تهيّجية ما يطلقه الفيزيـولوجيـون على التقبضيـة ، ويسمي تقبضية مـا يسمونه مطاطية ، ويسمي حساسية ما يسمونه توصيليـة في العصب بحيث يمكننا أن نلخص كـما يلي الفرق بين مفاهيم ستاهل وهالر . فكلاهما يقول بأن التقلصية في النسيج العضلي ، كردة فعل ضد محفز ما ، هي خاصة عضوية أصلية ، ومن هنا رفضهما المشترك لكل تفسير من النمط الديكارتي ، الكيميائي أو النيوتني للحركة العضلية . وستاهل وان سماها [اي التقبضية] بالحظربة ، لانه يربطها بالحساسية ، أي بالقدرة اللاواعية أو الواعية للنفس ، فإنه يوسع هـذه الخصوصيـة حتى تشمل كليـة الانسجة في الجسم . أما هالر ، فبعكسه ، فهو يعطي للتقبضية الاسم الذي أطلق عليها سابقاً (غليسون)(2) ،

(1) بارتي باس كوربوريس . . . ، غوتنجن ، 1753 . ـ مذكرات حول الطبيعة الحساسة والقابلة للإثـارة ، لأجزاء الجسم الحيواني ، ترجمة فرنسية ، 1757 .

(2) في « فانتريكولو أي انتيستينيس » ، فصل 6 ، عنوان : « إثارة الألياف » .

وفيـما بعد (بـراون ، وبروسيـه ، وكلود برنـار Brawn, Broussais, Cl Bernard) ، والمسند الى خصوصية عامة تعود الى ردة الفعل العضوية ، كما لاحظ أن التقبضية والحساسية هما في الواقع قابلتان للفصل ، فاستنتج أن الحساسية أو الاثارة لا تدين بشيء لا للنفس ولا للاعصاب . وعقيدة ستـاهل كانت حيوية في المبدأ ، مرتكزة على فلسفته الاحيائية . وكـانت عقيدة هـالر Haller حيـوية -Vita) lisme) في الفعل ، والتأكيد على خصوصية ردات الفعـل العضـويـة ودعوة الفيـزيولـوجي لكي يضع بنفسه مبادئه في التفسير دون أمل باستعارتها عن غيره .

البحوث اللاحقة حول التقلص العضلي ـ فصل سبرنغل Sprengel تاريخ المصير الذي أعطاه المعاصرون والخلفاء لنظرية القوى الأولية في الجسم الحيواني ، وذلك من خلال جهـودهم لاثباتهـا أو دحضها ، نذكر ببساطة إن أكاديمية برلين قدمت جائزة سنة 1753 لمسابقة حول تفسير عمل العضلات وإن الجائزة أعطيت الى كلود لوكات Claude Le Cat لقاء مذكرة عنوانها يكفي للدلالة بأن استقلالية وظائف العضلة والعصب لم تكن مقبولة بشكل شامل ، حتى أيّام حياة هالر : كتاب الوجود ، والطبيعة وخصائص سائل الاعصاب وبصورة رئيسية أثره على الحركة العضلية .

من الممكن عنـد وضع مثـل هذا السؤال في المسـابقة ، أن تكـون أكاديميـة بـرلـين قـد حـاولت تقليـد المؤسسة ـ التي اقترح انشاءها و . كرون W.Croone, 1633-1684 ، مؤلف كتاب « راسيوني موتوس مسكولورم » ، 1664 ـ في الجمعية الملكية ، «كرونيان لكتشرز» وهي محاضرات مخصصة لمسألة العمـل العضلي . وكانت أولى هذه المحاضرات هي التي ألقاها الكسندر ستيوارت : « ثلاث محاضرات حول التحرك العضلي » ، 1737 ، والتي كشف عن لائحتها ، فيما بين 1738 و1791 ، من قبل ج . ف . فولتن J.F.Fulton . ووجود مثل هذه المؤسسة يكفي لقياس زخم الاهمية التي أثارتها في القرن الثامن عشر مسألة الحركة العضلية .

ولبيان أن الفيزيولوجيا الحيوية للتقبض ، لم تبق نظرية فقط ، نذكر الكتاب الذي طبق فيه بارتز Barthez (1734-1806) قوانين العمل الحيوي في العضلات ـ القريب في رأيه من الحظربة التي قال بها ستاهل ، أكثر من قربه من « الاثارة » التي قال بها هـالر ـ عـلى وصف وعلى تفسـير حركـات التحرك الحيواني (سير ، قفز ، سباحة طيران ، الخ) : الميكانيك الجديد لحركات الانسان والحيوان ، 1798 . إنه العمل الاكثر اهمية حول الموضوع ، بعد كتاب بوريلي ، الذي ينازع بارتز مبدأه الاساسي المستعار عن غاسندي Gassendi ، ومفاده أن الحيوان يتقدم بفعل ردة الفعل المطاطية للمكان .

وبإنهاء مختصر الدراسات حول التقلص العضلي ، هذه الدراسات المحكومة بهيبة فيزيـولوجيـا هالر ، تجب الاشارة الى أن تصفية الشروحات الميكانيكية بنظرية الإثـارة فتحت الطريق ، في العقـد الاخير من القرن الثامن عشر ، أمام أنماط جديدة من البحوث حول التقلص العضلي ، انـطلاقاً من تجارب غالفاني حول الكهرباء الحيوانية وأعمال لافوازيه حول التنفس وحول الطاقة العضوية .

وبين اللحظة التي لحظ فيها لافوازيه وسيغين ، اجمـالاً ، النسبة المباشرة للعـلاقة بـين الجهد

العضلي واستهلاك الاوكسجين (1789) ، واللحظة التي وضـع فيها رينـولت وريست Regnault et Reiset بحوثاً كيميائية حول تنفس الحيوانات ، (1849) ، بصورة مضبوطـة ، عن طريق قيـاس التفاعلات الكيميائية الاساسية للعمل العضلي ، وقعت جملة فرضيات ، بصورة تدريجية أكثر ميلاً الى القياس ، وأقل بعداً عن الهوى ، وحاولت أن توضح التقلص العضلي بالظاهرات الكيميائية .

ومنذ سنة 1801 أشار ريشران Richerand ، في كتابه عناصر جديدة في الفيزيولوجيا ، فقط الى فـرضيات كيميـائية حـول التقلص العضلي . ودونها ك . سبـرنغـل K.Sprengel سنـة فسنـة ، في استعراضه الانتقادي لتاريخ الطب بخـلال السنوات العشر الاخيـرة من القرن الثـامن عشر . وهذه الفرضيات الكيميائية ليس لها إلا أهمية أدبية بالطبع . وإن أشرنا مجرد إشارة الى أنَ التشريحي الشهير ج . ش . ريل J.C. Reil 1759-1813 سمح لنفسه بأن يضع ضد الحيـوية ، مـادية كيميـائية ، في مذكرته « فون در ليينسكرافت» فذلك: لان هذه المحاولة افتتحت ، سنة 1796 ، المنشورة الشهيرة ، التي اسسها ريل Reilبنفسه :: ارشيف الفيزيولوجيا » .

V ـ وظائف العصب والجهاز العصبي

إذا كانت نظرية هالر Haller حول اثارة الالياف العضلية قد أعادت الى فيزيـولوجيـا العضلة الخلمة الاكيدة ، خدمة تحويل الأفكار عن هيبة الرسيمـات الميكانيكيـة وجعلها متـاحة وقـابلة لطرق جديدة دراسية ، انطلاقاً من نجاحات لافوازيه الأولى في مجال الكيمياء الاحيائية ، فلا يمكن الادلاء بذات القول بالنسبة الى فيزيولوجيا الجهاز العصبي . فبعد شديد الفصل بين وظيفـة العضلة ووظيفة العصب ، ساهم هالر ، بدون علم منه ، في اظلام معنى وأهمية أعمال مجموعة من المراقبين العبـاقرة والمجربين المهرة السـاعـين ـ عن طريق تحليـل شروط ممـارسة قـدرة التحرك الـلاإرادي ـ إلى إقامـة العلاقات الصحيحة بين الحركة والاحساس . ضمن هذه العلاقة ، كان الالهام ـ الذي كان بـإمكان فيزيولوجيي النصف الثاني من القرن ان يعثروا عليه في قراءة ستاهل ـ أكثر خصباً ، وإن بدا ظاهـرياً أميل الى الميتافيزيا وأقل قرباً من الوضعية . ومبدأ الاحيائية [= كل شيء حي] ، بتوجيهها إياهم نحو مفهوم الكائن الحي المحافظ على نفسه والمتصرف بصورة غائيـة ككل ، وتـوحي لهم الاحيائيـة بفكرة توجيهية أكثر صحة حول الوظائف المنظمـة والمنسقة للجهـاز العصبي . وجاءت هـذه الفكرة تـدعم وتؤجج الاهتمام الذي كان الاطباء العياديون ينحونه بصورة تقليدية الى وقائع « الاستلطاف » ، اي إلى ردة الفعل من بعيد الدالة على أن البنية العضوية هي « اتفاق وتوافق » بين أعضاء ووظائف .

التفسيرات المختلفة للحركة الاتوماتيكية ـ إن المسألة الاكثر أهمية في الفيزيولوجيا العصبية في ذلك الزمن كانت بآن معاً تثبيت العلاقة بين توصيلية التحفيزات ، وهي شروط أساسية في الحركات ، والاحاسيس كوعي للتحفيزات ، ومن جهة أخرى العلاقة بين إعصاب العضلة ووظيفتهـا التقلصية واقتضت حلول هذه المسألة ، بالضرورة موقفاً تجاه مكان وأعضاء الحساسية وتمثيلها أو عرضها ضمن جدول إجمالي قد يتيح إدراكاً أفضل لاصالة فاعليها .

وهناك حدث معروف في كل وقت ، وقد تصوره ارسطو أولاً وغاليان Galien ، هو وجود حركات غير إرادية ، وفي الغالب غير واعية أيضاً ، بعضها حياتي مثل النبض والثانية حيوانية مثل تقلص بؤبؤ العين بفعل الاضاءة . ولكن يوجد عدة تفسيرات ممكنة لهذا التحديد غير الواعي لردة الفعل تجاه التحفيز .

والذي يعتبر الدماغ بمثابة خزان للارواح الحيوانية وكمنشأ للاعصاب التي توزع هذه الارواح ، وأيضاً كمركز إما بمجمله ، أو في قسم من اجزائه ، أو كخزان لنفس حساسة غير منقسمة إرادية وعاقلة ، يجب عليه أن يقبل ، في بعض حالات الاتوماتية ، بأن الوصلة الدماغية بين التحفيز وردة الفعل التالية يمكن أن لا تلعب إلا دوراً ميكانيكياً . تلك هي حالة ديكارت في القرن الـ 17 وحالة استروك Astruc في القرن الـ 18 .

والذي يأخذ في الاعتبار احداث حركات الاعضاء المنفردة (قلب مقطوع لضفدعة أو لحنكليسة) أو لحيوانات مقطوعة الرأس (برمائيات زواحف طيور) ، او لأجنة من غير دماغ (ملاحظات هالر وملاحظات لوكات، ، ووينسلو وبروشاسكا Le Cat, Winslow, Prochaska) وبالتالي لا يأخذ في الاعتبار الوصلة الدماغية كضرورة في العلاقة بين التحفيز والحركة ، هذا الشخص قد يتردد بالمقابل ، بين تفسيرين . وإن نحن ماهينا ، من حيث الفهم ومن حيث الاتساع ، مفاهيم الحساسية والوعي الحسي، وإن اعتبرنا الدماغ كعضو للوعي الحسي ، فإننا نجبر ، بفعل ملاحظة الحركات الاوتوماتيكية اللاواعية ، إلى إنكار وجود الوصلة الدماغية كشرط ضروري للحركة . وهالر حين تصور الاثارة كردة فعل خصوصية ذاتية من بعض الانسجة تجاه محفز محلي ، يدفع الى أقصى حد بهذا الميل الى اللامركزية .

وبالعكس إن اعتقدنا أن الحساسية والوعي هما مفهومان لا يغطي أحدهما الآخر وإن وظائف النفس تنقسم على الأقل من حيث موقعها ، وإن الاحساسية قد تكون غير واعية دون أن تفقد أن يكون لها موقعها المركزي ، عندئذٍ يمكن التردد بين كيفيتين في تصور هذا الموقع المركزي للحساسية غير الواعية .

وإن افترضنا أيضاً ان العصب يتلقى من الدماغ الارواح الحيوانية التي يسوقها ، فيتوجب ، مع الحفاظ على حصرية مكان دماغي للنفس ، يتوجب الاعتراف ، ضمن هذا المكان أو الموقع بوجود طوابق متميزة ومنفصلة . ذلك هو حال ويليس Willis في القرن السابع عشر .

وإن احلينا محل الارواح الحيوانية ذات المنشأ الدماغي ، قوة عصبية متعايشة مع النظام العصبي ، فبالامكان الانجرار الى افتراض وجود مراكز أخرى حساسية وتنسيق احساسي حركي غير الدماغ . وهذا يقتضي افتراض وجود نوع من الحساسية غير المحسوسة ، وذلك بسبب رئيسي هو وجود واقعة نبهت أفكار ستاهل العديد من الملاحظين اليها . وهذه الواقعة هي أن الحركات الحيوانية حتى الاوتوماتيكية تحتفظ بحس تكيفي وحفظ لذات الجسم كله ، وبالتالي فإن هذه الحركات

لا ترتد إلى أوالية، وتحتفظ بعلاقة ببعض الوظائف، علاقة في أساسها نفسانية، وإن بصورة غامضة. ذلك هو حال ويت وانزر وبروشاسكا Whytt, De Unzer, Prochaska في القرن الـ 18 ، ومال فلوجر Pflüger في القرن الـ 19 .

في هذا الموقف الاخير تستدعي تفسيرات الحركة الاوتوماتيكية الاستعانة بالنفس كقوة احساسية مشتركة غير تمييزية ، ونرى فيها البحوث التشريحية حول بنية المخيخ والحبل الشوكي تتداخل مع محاولات الاقلمة داخل وخارج الدماغ لهذا الاحساس المشترك ، ومع التحليل التجريبي للشروط العصبية في الظاهرات المحركة .

ومن مراجعة كل هذه البحوث اخذت فكرة الحركة الانعكاسية تتكون بصورة تدريجية خلال القرن 18 .

تحديد مكان الحس المشترك وتشكل فكرة الحركة الانعكاسية ـ أشار ديكارت في كتابه : « وصف الجسم البشري » 1664 ، أنه إذا كانت النفس لا تستطيع حفز حركة في الجسم إلا تحت شرط توفر استعداد لائق في الاعضاء ، وبالمقابل « عندما يكون الجسم قد وضع جميع أعضائه استعداداً لأي حركة ، فإنه لا يحتاج الى النفس من اجل احداثها » . وكان « كتاب الانسان » تفكيكاً للآلة البشرية في حالتها ، قبل اتحادها بالنفس قبل أن تكون جهازاً بشرياً . وفي ظل العلاقات الحسية المحركة مع الجوار أو البيئة ، تكون الوظيفة الأساسية لهذه الآلة هي العلاقة التبعية الدائمة بين التحفيز والحركة ، بدون تدخل الوعي . وقد وصف ديكارت لهذه الغاية بعض الظاهرات التي سميت فيها بعد بالانعكاسات مثل الانعكاس البؤبؤي ، والانعكاس التراجعي الذي يقوم به العضو تجاه حرق ، وانعكاس تمدد الذراع اثناء السقوط .

وقد أعطى ويليس عن هذا النوع من الحركات المثل النموذجي ، انعكاس الحك (شرينكتون) ، وذهب الى حد أبعد مما ذهب اليه ديكارت عندما سمى هذه الحركة صراحة « بالحركة الانعكاسية » ، محدداً ضمن تعريف المفهوم المقابل : « تكون الحركة انعكاساً عندما تتعلق مباشرة باحساس سابق بصفته سبباً أو فرصة ظاهرة ، عندها يرتد للتو ، نحو نقطة المنشأ » (في حركة العضلات ، 1670) .

وافترض ويليس أن كل حركة تقتضي دفقاً منطلقاً من المركز ، من الارواح الحيوانية ، إنطلاقاً من المخيخ ، وليس فقط من الدماغ ـ ولكنه ميز بين الحركات الارادية المحكومة بالدماغ ، مثلاً التنقل ، الحركات الطبيعية أو غير الارادية المحكومة بالمخيخ وبالحبل الشوكي ، مثل التنفس أو النبض القلبي ، وبذات الوقت ميز بين نفسين، النفس الحسية والعاقلة والثانية الحسية الحياتية المشتركة بين الانسان والحيوانات (دي أنيما برتورون ، 1672) . والتحديد التبوغرافي لمراكز هاتين النفسين واقع عند الانسان ، في الأجسام المتشبكة ، وهي مركز الحس المشترك في النفس العاقلة ، وعند هذا المستوى يتم التميز بين الأحاسيس الحسية المعكوسة كحركات ، بدون الرجوع إلى الوعي ، والاحاسيس المدركة

صراحة كأحاسيس من قبل النفس .

في القرن الثامن عشر خصص فيسنس Vieussens (1641-1715)، وبورهاف Boerhaave (1678-1747) ، ولوري (1725-1785)، وهالر Haller، ولابيروني La Peyronie حتى لا نذكر الا المهمين من بين جمهرة من التشريحيين ، للحس المشترك ، أماكن عضوية متنوعة ، بحسب الفكرة التي كونوها ، بحسب تقنياتهم في التشريح وبحسب النتائج الحاصلة ، كما عينوا مناطق دماغية لاصول الاعصاب . وفي أواخر القرن لم يخش المشرح الكبير سوميرنغ Sommering (1755-1830) من توطين الاحساس المشترك في مصالة بطينات اللدماغ (أوبردامس أورغان درسيل ، 1796) ، وهو رأي لم يأنف كانط من النظر فيه .

وإذن لا مجال للعجب أن نرى جان استروك Jean Astruc (1684-1766) ، في مونبليه ، يوطن الحس العام المشترك في المادة النخاعية (المادة البيضاء) من الدماغ . وأتاح هذا التوطين لهذا المؤلف أن يقترح تفسيراً لظاهرات الاستلطاف الذي يتضمن ، من جديد ابتداء من ويليس ، فكرة الحركة الانعكاسية (أنْ سمباثيا بارسيوم . . . 1736) . كيف يحصل بعد تحفيز أو تخريب قسم من الجسم ، أن يقوم قسم آخر بالعمل (التفاعل) من بعيد ؟ رفض استروك Astruc التفسير ، الشائع يومئذ ، وبموجبه تربط بعض الياف الاتصال الاعصاب فيما بينها . وبرأيه ، تكون كل الالياف العصبية مفصولة ومستقلة ، من الدماغ الى الاطراف او الحواشي . وفسر استروك Astruc انفعال الاستلطاف بالانعكاس الفيزيائي للمشاعر في لب الدماغ . وعندما تأتي الارواح الحيوانية ، المحركة بفعل الاثارة ، والموجهة نحو الدماغ من قبل العصب ، فتصدم احد ألياف النسيج الدماغي ، فقد يحدث ان « تنعكس وفقاً لاتجاه يرسم زاوية انعكاسية تعادل زاوية النزول » وتمشي في ثقب عصب محرك واقع على هذا الاتجاه المنعكس .

والعطس هو مثل الانعكاس الذي اختاره استروك : تهييج المنخرين يحفز ودياً تقبض الغشاء الحاجز « وفقاً لاوالية مريحة وسريعة ، وبسيطة ويمكن أن تتآلف في تأويل كل الوديات من ذات النوع » . ويجب أن نذكر عرضاً أن هالر عرف وذكر هذا الشرح للوديات ، دون أن يدرك مداها الممكن بالنسبة الى نظرية آلية الحركات . إن نظريته حول الاثارة تمنعه من ذلك .

روبر ويت Robert Whytt. تصوره لوظائف الحبل الشوكي ـ ان روبر ويت (1714-1766) ، من ادنبره ، ـ برفضه ، مثل استروك ، تفسير الوديات باتصالات خارج الدماغ ، بين الاعصاب ، وبعجزه عن القبول ، كما فعل هالر ، بإثارة عضلية مستقلة عن الاحساسية ـ انحطر الى ابتكار مفهوم تجديدي بحق لوظائف الحبل الشوكي . وفي كتابه « محاولة حول تحرك الحيوان لا إرادياً » (1751) ، حاول ويت ان يثبت عبر الملاحظة وعبر التجربة ان الحركات هي دائماً من مفاعيل تصميم النفس ، التي دافعها ، مرة الادراك الصريح الواضح ، ومرة الاحساس الغامض في تطبيق حافز يعمل في الجسم . وفكرته الموجهة ، في تفسير الحركات اللاإرادية ، هي ان هذه الحركات لها غاية بادية ، اي إبعاد أسباب المشاعر القبيحة . مثلاً ، ان التقلص عند تضبيط البؤبؤ مع الضوء ، لا يتعلق

بالفعل المباشر للضوء على القزحية ، بل للانبهار المزعج المنتقل الى الروح عن طريق الشبكية والعصب البصري .

« والنهاية العامة لكل الحركات هو ابعاد كل ما يثير ، ويزعج أو يعكّر انسجام وظائف الكيان الحيواني » . والمعنى الحيوي لكل الحركات (المعنى الذي لم يخش ويت أن يشبهه بالمعنى الادبي ، الآني ، اللامنطقي) هو الذي منع من اعطائها اسباباً ميكانيكية خالصة . ولكن ويت ينكر أن يكون « ستاهلياً » ، واحداً من أولئك الذين « تخيلوا أنه لا يمكن استخدام النفس لتفسير هذه الحركات إلا إذا قبلنا برأي الستاهليين بأكمله » . إن المبدأ الحسي ليس النفس العاقلة والحاسبة ، أو بصورة أدق ، إنه هذه النفس بالذات ـ ولا توجد نفسان ـ بمقدار ما تقلع عن الحساب وعن التفكير ، وبمقدار ما تكتفي أن تكون احساساً آنياً ، ومن جراء هذا غير واع . من الناحية الفيزيولوجية ، إن هذا يعني أن العضل لا يتقلص الا إذا أثير ولكن ويت لا يجهل اية حجج يستمدها هالر ، تدعيماً لنظرياته ، من مراقبة حركات الحيوانات المقطوعة الرأس او الاعضاء المبتورة . عندئذ افتكر بدور الحبل الشوكي في التحديد الحسي للحركة .

« لان الحبل الشوكي ، لا يبدو فقط أنّه امتداد للمخ وللمخيخ ؛ ولكن من الممكن أنها تعد سائلاً عصبياً بذاتها ، وإنه بهذا السبب تدوم الحركات الحيوية وغيرها ، طيلة اشهر في سلحفاة قطع رأسها » .

وفي كتاب لاحق ، ظهر سنة 1764 ، وترجم الى الفرنسية سنة 1777 ، تحت عنوان « كتاب الامراض العصبية الوسواسية والهستيرية » يذكر ويت التجربة التي سبق أن أجراها الكسندر ستيوارت Alexander Stuart (1736) ، وهي وخز القائمة الخلفية لضفدع مقطوع الرأس .

نلاحظ « عادة حدوث أقوى الاختلاجات ، ليس في الفخذين فقط والركبتين ، بل في الجذع والجسم بالذات ؛ وفي بعض الاحيان يضطرب الضفدع بحيث يغير مكانه » . إلا أن هذه الحركات الودية ـ ونقول اليوم ، انعكاسات ـ تتوقف حالما تنقطع الصلة بين العضو المستحث والدماغ والحبل الشوكي ، وهما منشأ كل الاعصاب : « وتدخل غالبية عضلات فخذ وساق [ضفدعة] في حالة التقلص، حتى بعد قطع رأس الحيوان، شرط أن يكون الحبل في العامود الشوكي قد بقي كاملاً؛ ولكن عندما تتلف هذه المادة النخاعية أو تسحب ، فإن الياف العضلة ، التي تكون قد حفزت ، ترتجف قليلاً ، ولكن العضلات المجاورة تظل في سكون كامل » .

لم يلفظ ويت كلمات انعكاس المشاعر ، لكونها عند استروك عرضت ضمن إطار من الفيزيولوجيا الميكانيكية . ولكنه الاول الذي تثبت ، دون أن يسمى ، من دور الحبل الشوكي كمركز انعكاس .

انتقاد اونزر ـ نصب ج . آ . اونزر J.A.Unzer (1727-1799) ناقداً لِـ « ويت » فميز احساس العصب والحساسية بالذات وزعم أن حركة الحي ليست محددة بالضرورة من قبل النفس ،

وإن كانت غير قابلة للرد الى ظاهرة ميكانيكية . إن الجسم الحيواني هو تماماً جهاز من الآلات ، ولكن هذه الآلات هي إما طبيعية أو عضوية أي أنها آلات حتى في اجزائها الصغرى ، كما قال ليبنيز Leib-niz عنها . وليس من الضروري أن يكون للآلة الحيوانية دماغ ، وروح . وهذا لا يعني بالضرورة أن تكون القوة العصبية ، عند الكائنات بدون دماغ ، مجرد عمل ميكانيكي . إن القوة العصبية هي قوة تنسيق وربط للآلات العضوية . ويكفي لتشغيل هذه الوظيفة أن تسمح عقد وضفائر ومقاطع عصبية ، لشعور عصبي من منشأ خارجي أن ينعكس الى إثارة ذات منشأ داخلي موجه نحو هذا العضو أو ذاك . إن حركات البولب ، وهو حيوان بدون مخ ، تفسر هكذا . وهذا التفسير يصح بالنسبة الى الفقريات المقطوعة الرأس .

« مثل هذا العمل العصبي ، المعزو الى انطباع حسي داخلي ، غير مقترن بتمثيل أي تصور ، انطلاقاً من انطباع حسي خارجي ، هو مثلاً ما يحصل عندما تقفز ضفدعة مقطوعة الرأس ، على اثر وخز اصبعها » (ارست غروندي ، . . . . 1771 ، 495 ـ « المبادىء الاساسية ، في فيزيولوجيا تتعلق بالطبيعة الذاتية للاجهزة الحيوانية »)

وهكذا يظهر قوام اصالة اونزر Unzer : رفض مماهاة اللاميكانيكية بالاحيائية ؛ لا مركزة ظاهرة انعكاس الإثارات التي لم يعرف ويليس Willis واستروك كيف يتصورانها إلا بعد إعطائها مركزاً دماغياً .

تركيب بروشاسكا ـ نجح ج . بروشاسكا G. Prochaska (1749-1820) وهو استاذ تشريح وعلوم العين في براغ وفي فينا ، أن يؤلف بين ملاحظات ويت حول وظائف الحبل الشوكي وفرضيات اونزر حول امتداد الوظيفة العصبية المنعكسة خارج الدماغ . ورأى بروشاسكا في مذكرته حول « وظائف الجهاز العصبي . . . » (1784) إن فيزيولوجية الجهاز العصبي قد حصرت كثيراً بالدماغ ، وإنها تجاهلت كثيراً التشريح المقارن ، وإنها بالتالي ، وقبل اونزر ، قد تجاهلت أن القوة العصبية ـ لقد انتهت مسألة الأرواح الحيوانية ـ تتطلب فقط سلامة العلاقة بين الالياف العصبية ، والحس العام المشترك ، المتميز عن الدماغ . إن العصب الحسي يستطيع ـ بدون إتصاله بالدماغ ، بحكم إتصاله بالعصب المحرك المربوط بالعضل ، وبواسطة الحس المشترك ـ أن يؤدي الى تحويل الاحساس الى حركة . حتى ولو أن بروشاسكا لم يقطع أيضاً وبصورة نهائية مع الرأي القائل بأن الحبل الشوكي هو ضمة من الاعصاب ، فقد أكد بشكل جذري بأنه مع البصلة ، مركز الاحساس العام ، الشرط الضروري والكافي لعمل العصب ، وإن قسمة البصلة تعني قسمة القوة العصبية دون القضاء عليها ، مما يفسر استمرارية القابلية للاثارة وللحركة لدى الضفدعة التي قطع حبلها الشوكي . وعند مستوى الحبل الشوكي يجري ، برأي بروشاسكا ، انعكاس (تحول) الاحساس الى حركة . وبعكس ما قاله استروك ، لا يعتبر بروشاسكا هذا التحول ظاهرة فيزيائية خالصة ، لا تخضع إلا لقانون شبيه بقانون الانعكاس البصري ، ولكن بنفس عقلية ويت ، يحكم بأن الانعكاس النخاعي للمشاعر العصبية يخضع لقانون بيولوجي هو حفظ الحي .

والامثلة التي أوردها بروشاسكا هي تلك التي سبق أن وصفها ديكارت وآستروك على التوالي : اغلاق الجفنين والعطس . وقد عرف بروشاسكا ، بأفضل من سابقيه ، علاقة الحركة الانعكاسية بالوعي : وقد ميز صراحة مظهر هذه العلاقة كآلية اضطرارية عن مظهرها كلاوعي اختياري ومتقطع ، وسند هذا التمييز بحجج من التشريح المقارن . في السلسلة الحيوانية ينضاف الدماغ الى الحس المشترك . وعند الانسان ، أضيفت النفس الى الجسد بفعل الله ؛ وعلى كل « انها لا تحدث على الاطلاق اي عمل يتعلق تماماً وفقط بالنفس ، ولكن كل أعمالها تتم بفعل الجهاز العصبي ، كما تتم بآلة هذه الأعمال » . ونرى هنا بروشاسكا ينتهي حيث ابتدأ ديكارت : إن النفس تستعمل في حالة الحركات الارادية ، جهازاً يمكن أن يعمل أيضاً بدون مساعدة وبدون اذن . ولكن الاطار التشريحي الفيزيولوجي لهذا التأكيد مختلف جداً ، لأن بروشاسكا يرى الجهاز العصبي لا « كعموم » مثل ديكارت ، بل كسلسلة ، بحسب السلسلة الحيوانية ، وكبنية معقدة بصورة تدريجية وتراتبية ، يشكل الدماغ البشري كمالها دون أن يكون نمطها أو صورتها .

وتبعت بحوث الفيزيولوجيا العصبية ، مع ويت واونزر وبروشاسكا ، طريقاً غير ديكارتي ، ليس فقط بابتعادها عن المسلمات العامة في الميكانيكية ، ولكن ربما أيضاً باستعمال أسلوب غريب عن التعاليم الديكارتية ، وتحليل الوظائف الفيزيولوجية لا يمكن أن يدفع اكثر الى الامام ، بالارتكاز فقط على تشريح الاعضاء والمماثلات الميكانيكية . والتشريح لا يعني ، بالمعنى الصحيح ، تقسيم الصعوبة . بالمقابل ، إن الطريقة المقارنة للوظائف وللبنيات المقابلة ، بحسب السلسلة الحيوانية ، تتيح ، في فيزيولوجيا العصب ـ كما أتاحت لسبالانزي Spallanzi في فيزيولوجية التنفس أو الدورة الدموية ـ إثبات المظهر الاساسي الاولي لوظائفه ، هذا المظهر الاسهل إدراكاً في حالة الاجسام الاقل دقة في التكامل. وعلى هذا فالحيوانات المسماة «ذات الدم البارد»(البرمائيات والزواحف) اعتبرت في نظر المراقبين والمجربين معداتٍ مختارة . وحتى من خلال المختصرات السابقة ، يمكن أن نرى كم كانت الضفدعة، اذا أمكن القول ، البنت الجيدة بالنسبة الى الفيزيولوجيين ، لقد استفادوا منها كثيراً كما خدمتهم جيداً .

ولادة الفيزيولوجيا الكهربائية ـ إن الضفدعة هي التي أتاحت لغالفاني Galvani ، في بولونية (ايطاليا) اكتشاف وظائف العصب في طريق قطع فيه فيزيولوجيو القرن اللاحق شوطاً كبيراً الى الامام ، بفضل تقنية الفيزيولوجيا الكهربائية . وتأثير السائل العصبي للشرارة الكهربائية على الاجسام كان احدى عجائب القرن وحتى احدى تسلياته . إذا كان كالداني ، من بادو قد استعمل قنينة ليد Leyde ، التي صنعت سنة 1745 ، لدراسة مفاعيل الشحنة الكهربائية على القلب والعضلات (1756) ، فبالمقابل استعملها الأب نولي Nollet لاثارة الدهشة وللتسلية وذلك حين حمل لاول مرة ، 180 جندياً من الحرس الملكي على القفز ، وللمرة الثانية 700راهباً ممسكين بأيدي بعضهم البعض ، بفعل شحنة كهربائية من قنينة قوية . وبصورة أقل استعراضاً ، لاحظ ويت Whytt سنة 1751 ، المفعول التقبضي والغذائي للهزة الكهربائية على العضلات المشلولة . وقرر ولش ، بتجارب أجراها في

مدينة لاروشل La Rochelle 1772 الطبيعة الكهربائية للهزة التي تحدثها السمكة الرعادة وهي ظاهرة اعتبرها هالر Haller ، متبعاً مثال بوريلي Borelli ، مجرد عمل ميكانيكي . وإذاً ليست الصدفة فقط ، هي التي أتاحت لغالفاني Galvani عندما كان يدرس في سنة 1780تأثير الشرارة الكهربائية على عضلات فخذ الضفادع ، ان يلاحظ وجود تقلصات محدثة ، بدون شرارة ، تحت تأثير قوس مكون من معدنين مختلفين . وقد جاءته الفكرة لان الكهرباء كامنة في الجسم بالذات ، فتابع التجارب لكي يحدد أياً من الاثنين : العضلة أو العصب ، هو المركز ، وأيها الموصل (فيرباس الكتريستي . . . 1791) . وأثار النقاش بين غالفاني Galvani وفولتا Volta الذي كان ينازع في وجود كهرباء حيوانية العديد من الاعمال ، من بينها أعمال فالي Valli وأعمال الكسندر دي همبولد d'Alexandre de Humboldt . وهكذا ، وبنفس الوقت الذي تلقت فيه وظيفة التنفس الحيواني ، من الكيمياء تفسيرها الأول التجريبي والدقيق ، وجدت وظائف العصب والمراكز العصبية ، في التيار الكهربائي ، أكثر من مجال مشابهة ، من اجل تفسير طبيعة القوة العصبية كما وجدت وسيلة تقنية حاسمة من اجل التحليل الصحيح لشروط عملها . وكانت نتائج هذه التقنية التحليلية . قد ازدادت بعد ذلك عدداً كما ازدادت دقة ، خاصة ، وبخلال العقود الأولى من القرن التاسع عشر ، عندما قام ليغا لوا Le Gallois يبين التجزّؤ الوظيفي للمركز النخاعي (1809-1812)، كما قام شارل بل أولاً (1811)وماجوندي تالياً 1822 فميزا بين الوظيفتين المحركة والحسية ، وكذلك الجذور الداخلية والخارجية للاعصاب الفقرية Rachidien .

VI ـ الغدد وافرازاتها

كان يبدو اكثر ملاءمة للنظام الفيزيولوجي ، أن نرسم تاريخ نظرية الافراز ، بعد تاريخ الدورة الدموية وقبل تاريخ الفيزيولوجيا العضلية والعصبية . ولكن تاريخ الدراسات المتعلقة بالافرازات تمتاز بأنها تؤكد ، الآن ، أن الاطباء الفيزيولوجيين في القرن 18 قد أحسوا أكثر فأكثر ، وبحدة باستحالة الاكتفاء بالرسيمات التفسيرية التي قدمتها الطبابة الميكانيكية .

لقد أعطى ديكارت (كتاب الانسان) وبوريلي (موتي انماليوم ، قسم 2 ، فصل 9 و10) للغدد بنية ووظائف الغربال ، قال بوريلي (الطرح 145) : « ان الصفراء يمكن فصلها عن الدم ، في الكبد ، بخدعة ميكانيكية ، وبدون الاستعانة بأية خميرة » وأضاف بغليفي Baglivi (فيبرا موتريس . . . 1701 : سبيسيمن . . . ، 8,10) الى نموذج الغربال نموذج المصفاية أو المرشح . ولخصت مقالة « الغدة » التي قدمها العالم التشريحي تارين الى الانسيكلوبديا ، لديدرو ودالمبير Diderot et d'Alembert ، هذه المقالة لخصت تماماً كل الفرضيات التي كانت معروفة يومئذٍ ، لرد الافراز الى عملية غربلة لاجزاء متشابهة عند مستوى مسام مختلف الكائنات . وقد ارتد الجدل بين مالبيجي ورويش Malpighi et Ruysh، فيما يتعلق بالبنية التشريحية للغدد ـ الاول اي مالبيجي Malpighi

قال بوجود قناة شعرية فارزة ، مسكرة من جهة جذور الغدد العنقودية ؛ والثاني قال بأن الغدد هي مجموعات الاوردة بدون وضع غشاء حاجز فيا بينها وبين التجويف الافرازي ـ هذا الجدل دار لمصلحة الاول بفضل تجارب فرين Ferrein (1693-1769) مستعملاً تقنية الحقن في القناة المفرزة 1749 . وعلى العموم لم يشعر احد بأن التثبت من البنية الغددية الخاصة يساعد الفرضية القائلة بوجود وظيفة خصوصية لفصل الاخلاط والرطوبات .

وجمع هالر في الكتاب الثاني (1760) من عناصر « الفيزيولوجيا » (مقطع 1-2-3) الذي كان مستمراً في تفضيل رأي رويش Ruysch على رأي مالبيجي Malpighi، مختلف الشروط التي كانت معتمدة حتى ذلك الحين ، لكي يفسر تنوع الافرازات ، ولكي يضيف اليها ـ وهذامشكوك به ـ التغيرات في القدرة على تهيج المجاري الافرازية . وتضمنت مراجعته للنظريات التفسير الذي اقترحه جامس كيل James Keil ، مضيفاً الى المجال الحيواني تشريح الجاذبية النيوتونية . وبدت الصفة الانتقائية للافرازات مشروحة بصورة جذرية بفعل تجاذب الاقسام المتجانسة في الدم فيما بينها ، يساعده في ذلك تباطؤ سرعة دوران الدم ، نسبياً مع بعدها عن القلب .

ولكن إذا كان النموذج النيوتوني في التفسير قد ذهب الى رفض النموذج الديكارتي ، فإن ذلك لم يحصل فقط لاسباب رياضية خالصة . إن القدرة الايحائية في مفهوم الجاذبية تعود أيضاً الى غموضها . فالجاذبية مثل التعاطف تثير نوعاً من الميل أو الاتجاه ذي الطبيعة النفسانية الغامضة . والعلاقة بين العضو الفارز والسائل المفروز يمكن أن تشبه علاقة اللياقة أو التفضيل ، ويصبح الافراز انتقاء واختياراً . ولهذا لا مجال للدهشة أن تتضمن الانسيكلوبديا ، في مقالة « الافراز » والتي كتبها طبيب من مونبليهـهو هنري فوكيه Henry Fouquet ، 1727-1806 ، تشبيه ظاهرة الافراز بنوع من الاحساس ، والفرضية القائلة بأن كل غدة ، وكل ثقب له مذاقة الخاص . كان فوكيه ولا شك مبسطاً أكثر مما كان منظراً ، وهو بدرجة أقل أيضاً تجريبي . ولكنه استخدم فقط أعمال أحد كبار الاطباء في ذلك العصر : تيوفيل دي بوردو Théophile de Bordeu 1722-1776 الذي استنتج ، في « بحوثه التشريحية حول الغدد » (1751) ، استحالة القبول بأن أعضاء مثل الغدة الدرقية والبنكرياس والطحال والكبد ، الواقعة كما هي في الجسم الحيواني ، تكون خصائصها الافرازية بسبب أعمال ميكانيكية خارجية مثل الكبس أو الضغط .

وبحسب بوردو Bordeu يعتبر الافراز عملاً خاصاً بالغدة أو نوعاً من الاختلاج الذاتي ، تحت تبعية فعل الاعصاب . وقد احل بوردو محل الإثارة التي قال بها هالر الحساسية كمبدأ وحيد لتفسير ذاتية الافراز . وهكذا تعتبر هذه الوظيفة ، بعد غيرها من الوظائف حيوية نموذجية ، لا ميكانيكية ولا كيميائية .

ويجب أن نشير في هذه الاثناء أن كتاباً من أمثال هالر أو بوردو ، مع رفضهم للتفسيرات الميكانيكية ، يحتفظون بمسلمة مشتركة مع خصومهم ، اي أن السوائل المنفصلة عن كتلة الدم بفعل

الغدد الافرازية توجد فيه تحت نفس الشكل السابق على الافراز . وكان لا بد من انتظار القرن التالي وملاحظات علماء الأنسجة أمثال ج . غودزير J.Goodsir(1814-1867) في سنة 1842-1845، ود . هيدنهن R.Heidenhain (1834-1897) في سنة 1868و1874 ، ول رونفي (1835-1922) L.Ronvier في سنة 1869 ، حتى يتم فهم الافراز ، عند مستوى الخلية الحية ، كعمل فيزيولوجي ، وكصنع ناشط لمنتوج بدون مثيل سابق .

VII ـ نظرة اجمالية حول فيزيولوجية القرن الثامن عشر

في حوالى سنة 1780 ، وبفضل أعمال لافوازيه وغالفاني ، أصبحت الرسيمات التفسيـ ية التي وضعها الاطباء الميكانيكيون متخلفة بصورة نهائية . فالكيمياء والفيزياء هما اللتان سوف تقدمان للفيزيولوجيا نماذجها . وسوف تخلف القوانين ، بالمعنى النيوتوني للكلمة قواعد الميكانيك . وروح نيوتن التي نسمت على العلم في هذا القرن جددت الفيزيولوجيا ، لا باستيراد المفاهيم ـوقد رأينا عقم المحاولات التفسيرية (عن طريق الجذب من بعيد) للتقلص العضلي ـ بل عن طريق تنافس بين الطرق . وإتجه الفيزيولوجيون ـ وقد اتعبهم باطل هذه التفسيرات الشفوية المتنافسة ـ نحو ما قدمته الوظائف الحياتية من خصائص ذاتية . إلا أن هيمنة النيوتونية ولدت أيضاً لدى الكثير من المفكرين النظريين عقيدة راسخة وثابتة .

وكردة فعل ، أراد الموقف الحياتي ، الذي كان موضوع تأمل سهل ـ فهو لم يقف بوجه التجريب ولا المفهومية في مادة الفيزيولوجيا العصبية بل بالعكس ـ أراد أن يكون فقط نمطاً نيوتونياً من الانتباه للاصالة الخاصة بالوظائف البيولوجية ، دون تفلسف حول أسبابها . وكذلك المدرسة المسماة مدرسة مونبليه Montpellier ، لم تتضمن مع بوردو وبارتز كذلك اي ميتافيزيك ، فيما كانت تسمى الحركة الحيوية أو المبدأ الحيوي ، أكثر مما فعله هالر فيما سماه الإثارة .

ويمكن لكتاب « عناصر جديدة في علم الانسان » (1778) ، لمؤلفه بارتز Barthez ، ان يعتبر ، بدون تمويه ، تعالجة منهجية في التجريب الفيزيولوجي ، العملي ، انطلاقاً من مبدأ مزدوج السلبية : « المبدأ الحيوي للانسان يجب أن يفهم بموجب أفكار مختلفة عن الافكار المتكونة عن صفات الجسم والروح » . وكذلك ، لقد ظلم بيشات Bichat (1771-1802) كثيراً ، وفي أغلب الأحيان ، لأنه طالب ، في كتابه « بحوث فيزيولوجية حول الحياة والموت » (1800) ، باستقلالية الطريق البيولوجي . وعلى نقيض الفيزيولوجيين النيوتونيين المتشددين من أمثال كيل Keil ، لم يؤكد بيشات Bichat الا على خصوصية قوانين التنظيم الحيوي . وقد شدد على عدم استقرارية الظاهرات الحيوية . والواقع أنه لم يقل ان هذه الظاهرات كانت غير محددة وفوضوية . لقد أنكر أن تكون خاضعة لحتمية شبيهة بالحتمية السائدة في الميكانيك العقلاني . ولا يمكنه أن يتصور حتمية بيولوجية ذات نمط احصائي ، أعطى الكشف عنها بصورة تدريجية ، بخلال القرن الـ 19 ، لافكاره معنى غير متوقع أساساً . لقد كان بيشات نيوتونياً في أسلوبه وفي حذره .

ويبدو أن كورنو Cournot قد سبق وأدرك اصالة الفيزيولوجيا الحيوية : « تقوم الحركة الحيوية بالضبط على إبراز المشابهات القائمة رغم التنوع العجيب في كل مظاهر الحياة ، واتخاذ هذه المشابهات كخط مرشد ، دون طموح الى الوصول الى جوهر الحياة » (تأملات حول مسيرة الافكار والاحداث في الازمنة الحديثة ، طبعة بوافين Boivin ، مجلد 2 ص 136) .

هذا التنوع العجيب في مظاهر الحياة ، بحث الفيزيولوجيون من القرن الثامن عشر عنه في كل الأشكال الحيوانية التي اخترعتها الحياة ، من البولب الى الانسان ، من الضفدع الى الاوران ـ أوتان ، هذا الشكل العجيب الوسيط (وكانوا يسمونه في القرن الثامن عشر رجل الغابات) وقد درسه كامبر Camper وبلومن باخ Blumenbach ، من حيث اللغة والذكاء والعلاقة مع الانسان . وإذا كان يفهم بكلمة كلاسيكية عقلية التصنيف الدقيق الممزوجة بعقلية التعميم الرياضي ، فإن فيزيولوجيا القرن الثامن عشر ليست كلاسيكية . إذ جعلت مادة تجريب من كل حي ، وقد اهتمت بالأشكال الوسيطة كما قال ليبنيز Leibniz ، وإن هي عممت ، فوفقاً لأسلوب الحياة بالضبط ، وذلك بتوزيع التنوعات التي لا نهاية لها على بعض الطروحات . إنها فيزيولوجيا ساذجة ، فضولية تتطلع الى شتات التفصيلات والى تشابك طرق الطبيعة .

بين القيمة العلامية للانظمة الطبية في بداية القرن ، هذه الأنظمة التي ورثت من العقائد السابقة، وبين الاضطراب الفوار في البحوث التجريبية في القرن التاسع عشر، مثلت فيزيولوجيا القرن الثامن عشر هذه الحقبة في جدة الدراسة التي انفجرت فيها أفكار قديمة عند تماسها مع التجربة ، وحيث سُمحَ للجرأة ان تأخذ مداها وحيث فاز الالهام على الاستثمار الهادىء للعادات ، وذلك بانتظار تقنيات جديدة ، مبتكرة في أغلب الاحيان بدون سبق تصور وتصميم تتيح (اي التقنيات الجديدة) بواسطة تلاقي النتائج ، تمييز ايٌ من هذه الاتهامات كان عفوياً وأيها كان مستنداً الى مسائل .

كانت هذه الفيزيولوجيا الحية كما هي الحياة ـ حيث اتخذ رجالٌ مثل سبالانزاني وسيغين ..، أنفسهم كموضوع لتجاربهم ، على نفس الاساس الاستقصائي الذي اتخذه ويت وريومور وهال حول الضفدع وحول السقاوة [الصقر] والحصان ـ هذه الفيزيولوجيا كانت بالمعنى الأكثر جدية والاكثر غنى ، فيزيولوجيا مزيجية عجيبة .

الفصل الثالث :
الطب

في القرن الثامن عشر وجه الفلاسفة الافكار اتجاهاً جديداً ، مختلفاً تماماً عن الاتجاه الذي طبع بطابعه « الاصلاح الديني » ، و« نقيض الاصلاح » .

وعلى الصعيد الطبي ساهم الفلاسفة ، وهم من أنصار المادية ، في تقدم البحوث التجريبية الخالصة ، ولكنهم أثاروا أيضاً ردات فعل عنيفة من قبل أولئك الذين لم يريدوا أن يشبهوا جسم الانسان بآلة بسيطة خاضعة لقوانين الطبيعة . كما أن العقائد والانظمة الطبية التي ازدهرت يومئذٍ ، دعمت وجهات نظر متناقضة تماماً . إن الطب لن يكون إلا هذا في مطلق الأحوال ، وقد سجلت الدراسات العديدة تقدماً ملحوظاً على القرون السابقة ، وكانت هذه الدراسات متسمة في بعض الاحيان بأصالة حقة .

I ـ ما قدمه التشريح

التشريح الماكروسكوبي (النوعي) ـ بلغ التشريح الذي لعب دوراً كبيراً جداً في عصر النهضة ، رشده الان . فقد أكمل القرن السابع عشر أعمال المشرحين الكبار في عصر النهضة ، حتى أن المعارف في مجال التشريح الكبير بدت عميقة وواسعة جداً . والعلماء التشريحيون رغم كثرتهم ، رتبوا ونظموا وعرضوا في أضواء أكثر منطقاً وأيسر بياناً ، ما سبق ووصف من قبل ، وذلك في كل المجالات ، سواء فيما يتعلق بعلم التصنيف أو بعلم العظام أو بعلم الاعصاب ، أو بعلم السيندسمولوجيا أو في النظام العصبي أو في علم الاوعية الدموية واللمفاوية أو في اعضاء الحس أو في أعضاء التناسل ، أو في علم الاحشاء .

ونذكر من بين الكثيرين الألماني ب. س. البينوس B.S. Albinus والانكليزي و. شيسلدن W. Cheselden للعظام ، الايطالي ج.د. سنتوريني للعضلات ، الألماني أ.س. تيبسيوس A.C. Thebesuis من أجل دراساته حول الدورة التاجية ، والايطالي الأب مسكاني P. Mascagni من أجل اللمفاويات ، والفرنسي ج. سيناك J. Sénac للقلب وآ. فرين A. Ferrein للكبد والكليتين ، والألماني ج. ن. ليبركون J.N. Lieberkuhn الذي وضح دور الزغبيات المعوية ، والفرنسي تيوفيل بوردو Théophile de Bordeu من أجل الغدد و نسيج الملتحمة وماري فرانسوا زافيه بيشات Fran-

— cois-Xavier Marie من أجل الغشاء البطني (الثمبر) والمثانة ، والفرنسي فليكس فيك ازير Felix Vicq d'Azyr للدماغ ، والايطالي آ. بكيوني A. Pacchioni للاغشية الدماغية وكذلك الألماني ك. آ. برغن K.A. Bergen من أجل الغشاء العنكبوتي (في الدماغ) ، والايطالي آ. سكاربا A. Scarpa للاعصاب ، والألماني هـ. آ. ريسبرغ H.A. wrisberg ، للنظام العضبي البطني ، والألماني ج.ج. زن J. G. Zinn ، والفرنسي ب. ديمور P. Demours للعينين ، والايطالي آ. م. فالسالفا A.M. Valsalva الذي عمل عملاً ملحوظاً في مجال السمع ، والانكليزي آ. مونرو A. Monro الابن من أجل القناة المنوية الخ .

يضاف الى هذا الحصاد الغني من المشرحين المشهورين الذين قدمهم القرن الثامن عشر ، أولئك الذين عرضوا مباحث التشريح في جو مميّز في أغلب الأحيان ، باذلين الجهود بصورة خاصة ، من اجل تقديم المساعدة الى الجراحين ، وذلك بتحرير أعمال تشريحية توبوغرافية ، خطة خطة ، كما ظهرت تدريجياً تحت مبضع الجراح . نكتفي هنا بذكر اسماء المؤلفين المشهورين أمثال الفرنسيين: ب . ج . ديسوت P.J.Desault ، ر . ب . سباتيه R.B.Sabatier ، ج . ل . بتي وج . ر . تينون J.L.Petit et J.R.Tenon ، والانكليز : و. شيسلدن W.Cheselden ، آ. مونرو الاب A.Monro وجون هنتر John Hunter الذي كان تأثيره ضخماً في بلده، والالمان ج.ي. هينستريت J.E.Hebenstreit ول . هيستر L.Heister ، والفلمنكي ج . بالفين J.Palfyn والسويسري آ . فون هالر A.Von Haller ، والدنماركي الباريسي ج . ب . ونسلو J.B.Winslow الخ هذا التعداد البسيط يدل على أن التشريح في القرن الثامن عشر كان من صنع الفرنسيين والالمان والطليان مجتمعين .

التشريح الميكروسكوبي (المجهري) ـ عرف التشريح الميكروسكوبي الذي استيقظ في القرن الماضي ، وقت جمود . وأكثر ما يمكن أن نذكر ؛ نورد أن بوردو وصف النسيج المخاطي ، الذي عرف بصورة أفضل فيما بعد باسم النسيج الملتحمي او الضام ، وبيشات وصف الأغشية .

نذكر على كل حال استعمال كلمة « نسيج » التي انتشرت سريعاً ، إلا أنها لم تتخذ المعنى النسيجي الا في القرن اللاحق .

إن المتناهيات الصغر كانت مدار بحث رغم صعوبة القول بأن الذين درسوها قد اظهروا سبق إدراك وتحرراً . في سنة 1700 اظهر الفرنسي ن . اندري N.Andry ان كل الامراض سببها بويضات منتشرة ومبثوثة في الفضاء وتدخل الى الجسم عن طريق الجلد والرئتين أو الجهاز الهضمي ، فتولد فيما بعد الدود . وقد تسببت له هذه الاعمال بلقب « رجل الدود » . وفي سنة 1722 عزا ج . ب . غوافون J.B.Goiffon الطاعون الى حشرات لا ترى ، تعيش في الدم ، ولكنه لم يقدم اي دليل حسي على أقواله ، وكذلك لم يقدم آ . ديديه A.Deidier الدليل الحسّي على مقولته حول الدود الزهري . وقد وضع م . آ . بلنسي M.A.Plenciz نظرية مهمة حول الجراثيم المرضية الذاتية . ورغم وضوح هذه النظرية إلا أنها لم تستند الى اي دليل ميكروسكوبي .

التشريح المرضي - يعتبر التشريح المرضي الماكـروسكوبي احـد مقدمـات القرن الثـامن عشر الاصلية ، رغم أن بعض المؤلفين قد حاولوا تنفيذه في السـابق . ويبدو أن كل الناس قد فهمت فائدة هذا العلم الجديد . ولكن كان لا بد من انتظار هذه الحقبة حتى يتم وضع عمل تأليفي تركيبي . لقد خصص الايطالي ج . ب . مورغاني G.B.Morgagni (1771-1682) حياته لهذه المسألة المهمة حيث قدم تجربته الطويلة وعلمـه الواسـع . وقد غطى تأليفـه الضخم الذي فـرض نفسه حـالاً على كـل معـاصريه في الواقع كل علم التشريح المرضي .

ولكن عمل مورغاني مهما كان كاملاً ، لم يكن يكفي بذاته كي يعطيه هذه الشهرة العالمية ، لو أنه اكتفى بوصف الامراض التي رصدها وراقبها .

وكان فضله الكبير أنه لم ينس العيادة ، وإنه وضع لكل حالة كل العلاقات المرجوة بين المؤشرات الملحوظة على الحي ، والاعطاب الملحوظة على الجثة . وأصبح بالتالي كتابه دليلاً ثميناً بيد العيـاديين عند وضع التشخيص .

وفي فرنسا جرب ج . ليتود J.Lieutaud وضع كتاب مماثل ، إنما على خجل ، في حين أن فيك دازير Vicq d'Azir كتب مقالة جيدة حول هذا العلم في الانسيكلوبيديا . ورغم أن بيشـات لم يكن متخصصاً فإنه أسس عيادته عـلى التشريح المـرضي ، وقرر نهائياً ضرورة البحث في الجثة عن أسبـاب الموت .

نذكر أيضاً في المانيا ش . ف . لودويـغ C.F.Ludwig ، وفي انكلترا م ، بايي M.Baillie . هؤلاء المؤلفـون سوف يعملون عـلى جعل الفحص الجسـدي مرتكزاً على أسس مـوثوقـة . ثم أنه تجب الاشارة الى أنهم قد سوقوا ، في مطلع القرن من قبل ر ، فيسنس R.Vieussens الذي وصف بشكـل ممتاز القصور الاورطي .

II ـ الأنظمة الطبية

في بداية القرن 18 كان هناك نظامان طبيان يتزاحمان عـلى كسب رضى عدد كبـير من العلماء : الطب الكيميائي والطب الميكـانيكي . وكانت المنازعات حادة بين أنصار كل من النظريتين[1] . وعلى كل حال كان الطب الميكانيكي يستعين من وقت إلى آخر بالكيمياء حتى أن بعض المفكرين غير القطعيين ظنوا بأن الطب يكسب إن هو استعان بالنظريتين . من هنا نشأ نظامان آخران عرفا نجاحاً كبيراً بفضل واضعيها هو الهولندي هرمن بورهافه (1668-1738) والالماني فردريك هوفمان (1660-1742) وبصورة تدريجية احتلت الكلمات مثل التصلبية (Solidisme) والاخلاطية والاحيائية محل الاسماء القديمـة ، أسماء النظريات الطبية ، والجوامد والسوائل ، أو النفس ، وكلها كانت في أساس الانظمة الجديدة .

(1) نذكر أن ما قدمه القرن 18 في مجال الفيزيولوجيا البشرية والحيوانية قد درس في الفصل السابق .

نظام بورهاف Boerhaave ـ كان بورهاف يرى ان الجسم البشري مكون من جوامد تسبح في سوائل او رطوبات . والعنصران تحركهما حركات تدل على الحياة ، فإذا توقفت الحركات كان الموت . ولم ينكر بورهاف وجود النفس ، ولكنه اعتبرها بحكم عدم ماديتها ، بمنأى وبمعزل عن كل قياس وإنها يجب أن توضع فوق الحياة . وقد لاحظ الحركات ، ولكنه ظل متقيداً بالصعيد الموضوعي ، فلم يحاول أن يعرف عن روح سببها . وهناك 3 عوامل أخرى تشترك في الآلة البورهافية ، هي : الكيمياء والحرارة والارواح الحية . وظل الهضم ظاهرة ميكانيكية ، ولكن الافرازات الهضمية يجب أن تختلط بالطعام حتى يمكن امتصاصه بشكل عصارة . والحرارة الحيوانية تؤمن طبخ هذه الاطعمة التي عندما تصل الى الدم ، تصاب بالتباطؤ . في مستوى الدماغ ، حيث تصنع منها الأرواح الحية .

وهذه الاخيرة (الارواح الحيوية)، بواسطة الاعصاب ، تؤمن مختلف الحركات التي تحيي الجسد .

وبذات الوقت العادي ، تكون الجوامد بحالة توازن بفضل سببين : الاول خارجي : الهواء، والثاني داخلي : وهو الاخلاط أو الرطوبات . فاذا تغيرت هذه الاسباب ، يحصل انتقال من حالة الصحة الى حالة المرض . هذا الدور الممنوح للجوامد يبرر اسم الجمودية المطلق على هذا المذهب .

ويرى بورهاف أن الهواء يمكن أن يتغير في خصائصه الفيزيائية : حرارة ، رطوبة ، ضغط ، وتوجد اذن أمراض ذات هواء حار وذات هواء بارد وذات هواء رطب وذات هواء جاف ، وذات هواء ثقيل وذات هواء خفيف وهي مفاهيم تذكر بالافكار الغاليانية .

والاخلاط قد تضطرب بفعل ميكانيكي أو كيميائي فحسب ما اذا كان هناك تأخير أو تسريع في دورتها ، سيولة أو لزوجة في تركيبها . وأخيراً يمكن للكتلة الاخلاطية أن تزداد أو تتدنى دون أن يتغير تركيبها ، ويمكن أن ينظر في درجة حمضوتها أو قلويتها وهي تتغير . وقد يوجد أيضاً حالة تجمد .

أما الارواح الحيوية ، التي يصعب السيطرة عليها ، فيرى بورهاف أنها قد تتخرب بالافراط او بالتفريط ، الامر الذي ينعكس على الالياف التي هي نهاية مطافها . وقد يحدث احياناً عند دراسة الظاهرات الرئيسية الملحوظة في حالة المرض : انسداد ، التهاب ، أو حمّى . وتشكل هذه الاخيرة بالنسبة اليه عملية إنعكاسية ارتدادية ضد الموت ، وليست مرضاً . ويميز بورهاف بين الامراض الحادة العارضة والامراض المستعصية . وهذه الاخيرة قد تأتي فجأة أو تشتق من الأولى . وهكذا يستلهم هذا النظام بآن واحد النظامين اللذين سبقاه ، كما يستلهم المتنوعات التي ادخلها سلف بورهاف في ليد ، اي سلفيوس Sylvius الذي أعطى للهضم دوراً أكبر بكثير .

والغرض من المعالجة هو محاربة الاصابات المتنوعة ، بعلاجات أو بمسهلات أو بمسكنات أو بمقويات ، مع الالتزام بالقواعد الصحية . وكان لهذه النظرية العديد من الانصار في البلدان المنخفضة وفي النمسا والمانيا .

أسلوب هوفمن أو نظامه : يرى هوفمن في نظامه أيضاً ان الجسم البشري هو آلة وإن الحركة هي التعبير عن الحياة . فضلاً عن ذلك ، أنه يستبعد الروح عن عمد ، دون أن ينكر وجودها . ونظامه يستلهم فلسفة ليبنيز .

وآلة هوفمن مائية في أساسها : فالحركة الدورانية ، في الاخلاط هي قوام هذا النظام . ويفهم هوفمن بالاخلاط ، الدم واللنف والعصارة العصبية . والسبب الرئيسي في حركتها هي الاطعمة ، وأما الهواء فغريب عن هذه الفيزيولوجيا . وتذهب الاطعمة المتمثلة الى الدماغ بواسطة الدم . ويفرز الدماغ السائل العصبي الذي يغذي الحركة وبالتالي نبضات القلب ، وكذلك يغذي حركات الام الجافية (اي الغشاء المغلف للدماغ والحبل الشوكي) (ويتبع هوفمان هنا النظريات الايطالية التي كانت سائدة في القرن الـ 17) . وتتحكم هذه الحركات بدورها في الافرازات، والمستخرجات ، والتمعج المعوي ، أي ، خارج السحايا ، في الوظائف الحياتية الإنباتية. وهذا الاستنتاج مكنه من القول بأن المادة يمكن أن تكون مزودة بقوة داخلية ذاتية ، وهو أمر في اساس نظريات هالر Haller .

وفي مجال النطاسة (الباتولوجيا) طور هوفمن نظامه الى اقصى حد تفصيلي مما جعله كثير التعقيد ، فالامراض ذات منشأ خارجي تأتي عموماً عن طريق الجهاز الهضمي ، الذي هو مجرد ممر وليس مركزاً للمرض، كما عند هلمونت Helmont وسلفيوس Sylvius. وعلى كل حال يفرق هوفمن بين مراحل النقل الهضمي ،ويسند أمراضاً مختلفة إلى كل مرحلة . والاخلاط المضطربة بفعل دخيل خارجي غير طبيعي تعمل بدورها على احداث الاضطراب في الارواح اللطيفة، الأمر الذي يجر بصورة ثانوية الى اضطرابات في التيار الدوراني وفي الافرازات ، الخ . ويُعمل هوفمن أيضاً الحبل الشوكي الذي هو المفصل للاعصاب الاطرافية ، ويرى أن الاضطرابات المحدثة في الجسم بفعل مؤذ لا تحدث الا إذا أصيب الحبل الشوكي . ويرى هوفمن أن بعض الامراض يسببها الهواء الفاسد عن طريق التعفنات ، وهو هواء يحمل وينقل ولا يعمل ذاتياً بفعل الخصائص الفيزيائية كما عند بورهاف .

وتلعب السموم والكحول والمناخ والنجوم دوراً أيضاً ، ولكنها لا تمارس دورها الضار على الجسم إلا بعد إصابة الحبل الشوكي . هذا المفعول يولد الاختلاج أو يولد الوهن . والاختلاجات تؤذي وتؤلم إن أصابت منطقة حساسة . وهذه المفاهيم سوف تنوجد عند كولن Cullen إنما بواسطة طريق آخر ان الاختلاجات هي ميزة الأمراض الحادة والوهن فهو من شأن الأمراض المستعصية . والحميات هي أمراض متميزة ترتبط بمختلف مراتب الجهاز الهضمي .

والمعالجة تكون مزدوجة لانه اذا كان هوفمان قد بقي واثقاً من الطبيعة ، فإنه يفضل على كل حال مساعدتها منذ البداية : وإذاً لا توجد مرحلة تربص . وهو يحسب حساباً لكل العوامل الأبقراطية التي من شأنها خلق أرض خاصة : عمر ، جنس ، مزاج ! مناخ فصل ، نوع حياة .

والعلاجات أربعة أنماط : مهدئة ومقوية ، مخرجة أو مسهلة وفتاكة. ويستعمل هوفمان ، زيادة على شرابه المسكن الشهير ، علاجات تجريبية ثابتة : الكافور ، الكينا ، الحديد ، النقرون ، باستثناء الافيون . وقد أمر ايضاً بالحمامات الباردة أو الحارة . ولهذا فان علاجه يستقي الى حد بعيد من المخزن الكيميائي . وكان تلامذة هوفمان عديدين في المانيا ونادرين في أنكلترا وايطاليا .

الاثارة والعقائد التي تنبثق عنها ـ ونشأت نظريات طبية أخرى في تلك الحقبة أيضاً ، استمد بعضها ، وهو أكثر أصالة ، منشأه من نظرية الاثارة التي وضعها فرنسيس غليسون Francis Glisson ، ثم ابرز قيمتها البرفون هالر Albert Von Haller (1708-1777) [1] .

ويرى غيلسون أن « الالياف » هي العنصر المكون الاساسي في كل جهاز حي .

وقدرة الالياف على التحرك بتأثير من عامل خارجي يبقى بعض الوقت ، بعد الموت ، وليس إذاً هو مظهر من مظاهر النفس . فضلاً عن ذلك اصر غليسون على البقاء في صعيد التجربة ، فعزا الى الالياف الإثارة وزعم أن هذه الخاصية يمكن أن تميز بها الكائنات الحية ، لان الحياة تتميز بمجموع هذه الاثارات المحلية .

وعاد هالر الى أفكار غليسون فطورها بشكل ضخم وطبعها بطابع عبقريته الى درجة أن أعماله حلت بسرعة محل أعمال سَلَفه . وبين هالر عن طريق التجربة ان الاعصاب ليست إلا موصلات . وخاصية الاحساس التي عزاها إليها ليست إلا ثانوية . أما التقبضية فهي عضلية بشكل خاص . وبقاؤها بعد الموت يدل على أنها ليست من مظاهر الحياة . وحدد هالر ، وهو يتفحص مختلف أنسجة الجسم ، درجات الإثارة أو الاحساس بالنسبة الى كل منها . وهناك أجزاء يكفي لاثارتها تحرك الاخلاط الدائرة (الحياة الإنباتية) ؛ وهناك بالعكس أنسجة تحتاج الى عامل مطلق معين حتى تثار (الحياة والعلاقات) .

ومن بين العديد من تلامذة هالر ، حرص البعض على توضيح العديد من مظاهر نظريته ، في حين ناهض بعضهم بعضاً من استنتاجاته . وطبق الالماني هـ . د . غوب H.D.Gaub ، 1705-1780 نظريات هالر في البتولوجيا العامة ؛ ومحاولته هذه ، التي بدت خجولة ، اتخذت مثلاً . واعتمد غوب وجهات نظر هوفمن حول أهمية دور السوائل ، وطبق الاثارة على الاخلاطية ، فاعتبر أن الحركة الميكانيكية الخالصة مرتبطة بالاخلاط . أما الصحة فتعزى ، مثل ما هي في نظام هوفمن ، الى توازن منسجم بين الجوامد والاخلاط ، أما المرض فيعزى الى اختلال هذا التوازن ، الذي يؤدي الى تغير في الاثارة ينعكس ، بواسطة الالياف على الإمزجة فيولد الافرازات والانسدادات والبثور . الخ .

وعزا بعض تلامذة هالر الى الاعصاب دوراً أكثر أهمية فلم يعتبروا الاثارة إلا كمظهر ثانوي من

(1) وتاريخ هذه النظرية معروض من الزاوية الفيزيولوجية في الفصل السابق .

مظاهر القوة العصبية . وهذه النظرية فتحت أمام البتولوجيا آفاقاً جديدة . وحاول الانكليزي وليم كولن William Cullen 1710-1790 ان يرجع الى مصادر الحياة وأن يسند الى النظام العصبي المكانة السامية في البتولوجيا . ففي حين ظن هوفمن أن الامراض لها منشأ هضمي ، وإن المراكز العصبية لا تصاب إلا بصورة ثانوية عن طريق الاخلاط، فإن كولن أعمل مباشرة الإثارة على الاعصاب . إن العامل المرضي يؤثر في الجهاز العصبي الذي يتفاعل فيغير انفعالاته الخاصة . وهكذا تكون الالياف عندئذٍ إما موضوع تقلصات شديدة ،توتر، أو موضوع ارتخاء ووهن ، عنهما ينتج المرض . والحمى ليست مرضاً بل هي ردة فعل من الجسم ضد الامراض . والامراض تنقسم إلى 4 فئات : حمى مرتفعة، وهن وخور ، ونحول ، وإصابات جراحية واتخذت نظريات كولن والمدارس المختلفة التي انبثقت عنها اسم البتولوجيا العصبية أو العصابية .

أما الاستطباب فهو بشكل خاص ديناميكي ، والمرض السائد هو الوهن . وكان كولن يفضل بشكل ملحوظ الكينا ، وكان يكره الموهنات أو المضعفات مثل الشربات أو المسهلات . أما الالتهاب ، وهو المظهر الموضعي للحمّى فكان يعالج بمضادات الحرارة أو مضادات الالتهابات . وعلى كل حال نسي كولن ، مثل بورهاف ، في أغلب الاحيان نظرياته أمام المريض ولذا لم يتورع عن استعمال الادوية الذاتية أو الكيميائية المعروفة الفعالية .

وكان جون براون John Brown (1735-1788) تلميذاً على التوالي وخصماً لكولن Cullen ووقف بشكل خاص على صعيد الحياة الإنباتية، فرأى في الاثارات التي تحرك الجسم التعبير الخاص عن الحياة، واعتبر أن عدداً من الاثارات او المحفزات ضرورية لتنشيطها . فالامراض تنبثق اما عن كثرة المحفزات (وهي الامراض الحادة) وإما، في أغلب الاحيان عن نقص المحفزات (الامراض غير الحادة) . والحميات هي إذاً امراض وتنقسم الى أمراض ذات سخونة مرتفعة (حادة) ، وإلى أمراض غير حادة (الحميات بالمعنى الصحيح) .

وكذلك على الصعيد الموضعي هناك أمراض بلغمية (ذات حمى). وهناك التهابات غير مقرونة بالحمى تسمّى الاوهان . وهذا النظام اخذ اسم «البراونية» . والاستطباب سهل بواسطته : فالعلاجات تكون مخففة للحرارة (الفصد ، الشربات ، المقيئات ، الخ) ، أو تكون في أغلب الاحيان مقويات مهيجات (خمر ، كحول ، كهرباء ، الخ) .

وتطبيق نظريات هالر في البتولوجيا ، استمر بنوع من التفاعل التسلسلي . ففي الدرجة الاولى قام الايطالي جيوفاني راسوري Giovanni Rasori (1766-1837) ، وكان تلميذاً لبراون ، يخاصمه خصاماً رهيباً ، فاستنتج من نفس التجارب استنتاجات معاكسة، من ذلك مثلاً أنه وصف حالة استعداد حاد للمرض كان براون قد وصفها بأنها حالة مرضية كامنة . ومن اجل التثبت من حالة الاستعداد هذه التي كانت سبب المرض . كان راسوري Rasori يجري فصداً. فاذا تحسنت حالة المريض فالحالة هي حالة استعداد إثاري ، وفي الحالة المعاكسة هناك استعداد مضاد للاثارة . ونتج

عن هذا النظام الجديد استطباب يخضع لنفس قوانين طبابة براون Brown .

ولم تكن النتائج التي حصل عليها أنصار هذه الانظمة رائعة ، وانتشارها كان عارضاً . ولكنها ولدت نظريات أخرى امتدت الى القرن اللاحق . ففي حين دعم براون Brown وكولن Cullen ، المفهوم الأبقراطي للامراض العامة قبل الايطالي جياكومو توماسيني Giacomo Tommasini ، دون أن يرفض هذا المبدأ ، بوجود أمراض موضعية أيضاً ، تستخدم كحلقة ضرورية بين الانظمة السابقة ونظرية جديدة لا تقبل الا بالامراض الموضعية هي : البروسيسية . وهذه النظرية ، المعقدة نوعاً ما ، ظهر بها ف . ج . ف . بروسي F.J.V.Broussais (1772-1838) الذي استمر اثره الضار لمدة طويلة في باريس . فالعمل الطبيعي للجسد يتأمن بفضل حافز خارجي : الحرارة الخارجية التي تؤثر في وظائف الانسجة عن طريق الخلائط ، ويولد تلف المحفز ، بصورة أوتوماتيكية ، حالة من المرض في نسيج معين .

ويأتي تعقيد هذا النظام من جراء ادخاله الجهاز الهضمي في حمل الامراض ونقلها ، معلقاً ، بصورة خاصة أهمية كبرى على التهاب المعدة . ويدخل الاستطباب ، المعاكس لأبقراط ، دون أن يأخذ في الاعتبار الامكانيات التي تحدث عن ردات فعل الجسد . وكانوا يأمرون بالفصد الكثير ، واستخدام العلق المصاص في الرأس والمعدة .

الاحيائية Animisme ـ ودون انكار وجود النفس ، كانت الانظمة السابقة لا تعطيها أي دور في حياة الجسد ، كما كانت تحاول تشبيه القوانين البيولوجية بأواليات كيميائية أو ميكانيكية بسيطة . فكان من الطبيعي اذن ظهور تيار معاكس يعطي للنفس دوراً أولياً مهماً ، فكانت الاحيائية التي ابتدعها ج . ي . ستاهل G.E.Stahel (1660-1734) . يرى ستاهل ان لا شيء يحدث في الجسد بدون تدخل النفس ، سواء في الحركات الارادية أو غير الارادية . والظاهرات الميكانيكية أو الكيميائية ليست إلا مراحل ثانوية مدونة ضمن مجمل تحدده النفس ، وضمن غائية محددة تماماً تظهر في كل العمليات التي يكون الجسد مركزاً أو مقاماً لها .

وتعمل النفس في الجسد بثلاث وسائل رئيسية : الدورة الدموية وهي الوسيلة النبيلة ، ثم الافرازات ثم الاخراجات ، التي ليست مظاهرها الميكانيكية والكيميائية إلا ثانوية وموجهة . إلا أن ستاهل لا يوضح العمليات المختلفة التي بواسطتها تؤثر النفس على الجسد . وتظل فيزيولوجيته بدائية في حين يهمل عن قصد التشريح والكيمياء .

ويأتي المرض عن سوء عمل النفس التي يجب إفساح المجال أمامها لتعمل بمفردها على إعادة الصحة ، و« نفس » ستاهل تتماشى هنا مع « طبيعة » أبقراط . ويقتصر عمل الطبيب على مساعدة عودة العافية بصورة طبيعية ورأى ستاهل الذي اضطر الى اعتبار النزف الباسوري مفيداً ، إن الحمى ليست مرضاً بل ردة فعل النفس ضد المرض ، وقد اهتم كثيراً بالنبض .

أما الطبابة فتعطي مكاناً واسعاً أمام الاضطرابات الدورانية . وهناك أمراض احتقانية وأمراض

نزف . وأسبابها أما داخلية وأما خارجية ، ولكن الالياف يمكن أن تكون مضطربة ايضا ؛ الامر الذي يولد الاختلاجات ، والتغير في الحظربة ، الخ . وبعض الاضطرابات تصيب بصورة خاصة الجهاز العصبي ، فتجر وراءها الشلل والرجفة والانحطاط الخ . فضلاً عن ذلك يدخل هنا مفهوم الموضع بواسطة الامزجة ، كما هو عند أبقـراط ، كما يدخل أيضاً مفهوم الهواء والاطعمة والحماية الصحية ، والاهواء الخ . والطبابة الواعية تساعد الطبيعة بدلاً من أن ترهقها بصورة منهجية بكثرة الادوية . وقلما كان للطب مفهوم اسلم من هذا المفهوم للاشياء . فقد اتاح رؤية الظاهرات من زاوية أقل اطلاقاً وكان تلامذة ستاهل كثيرين في المانيا وانجلترا ، إلا أنهم كانوا أندر في فرنسا حيث اتحد فرنسوا بواسيه دي سوفاج Francois Boissier de Sauvage 1706-1767 وكان في بادىء الامر ميكانيكي النزعة الطبية ، فانضم الى هذه النظرية ، كهمزة وصل بين هذه النظرية الالمانية ومدرسة مونبلييه التي ينتمي اليها .

الحيوية **Vitalisme** ـ هناك ميل غالباً ، إلى جمع الارواحية والحيوية . والواقع أنهما نظامان مختلفان ، نقطة الاشتراك بينهما هو الاعتراف بوجود ظاهرات ميكانيكية وفيزيائية دون اعطائها الدور الأولي . ففي حين أن الإحيائية تجعل النفس مسؤولة عن كل ما يحدث في الجسم ، ترد الحيوية هذه القوة الى مبدأ حيوي قابل للهلاك يمكن وضعه في مركز وسط بين النفس والظاهرات الفيزيائية الكيميائية ، ويعزى تاريخ الاحيائية قبل كل شيء الى مدرسة مونبلييه التي تخرج منها كلّ الاسماء العظيمة التي صنعت هذا النظام الذي أسسه تيوفيل دي بوردو Théophile de (1722-1776) Bordeu . يرى بوردو ان الغدد تلعب الدور الرئيسي في الجسم فكل واحدة منها مزودة بحياة خاصة وتقوم بوظيفة محددة تماماً . وتنتج الحياة عموماً عن امتزاج الحيوات في كل الغدد . ويتم التنسيق بين الغدد ، وهو تنسيق من شأنه تأمين الحالة الصحية للجسم ، بفضل النسيج الخلوي الذي أحسن وصفه بوردو تحت اسم النسيج المخاطي .

واقترب بوردو من هالر وابتعد عن تفسيرات الاطباء الميكانيكيين ، فعزا عمل الغدد الى الاعصاب التي تخدمها والتي تعمل بفعل الاثارة أو التحفيز . وانفصل عن هالر معترفاً للغدد بخاصتين مميزتين : الاحساسية والحركية فيجعلهما على نفس المستوى مع اعترافه بأن الحركية تقع تحت سيطرة الاحساسية ، الى درجة أننا نطلق اسم احساسية على المبدأ الذي يتحكم بالحيوات الصغرى البوردوية (نسبة الى بوردو) . ويرى أن الحياة تعبر عن نفسها قبل كل شيء بالافراز الغددي رغم اعترافه بالدور السامي لثلاثة أعضاء : هي المعدة والدماغ والقلب .

ولما كانت الحياة مرهونة بهذه الاحساسية ، فالخضوع للبتولوجيا ينبع على ما يبدو ، من الاختلال في هذه الاحساسية . ولكن بوردو لا يشرح هذا الخضوع ، مكتفياً بالمبدأ العام مبدأ تدخل الاحساسية لاعادة النظام ، مما يقربه من أبقـراط Hippocrate ومن ستاهل . ان الاسباب المرضية هي خارجية أو داخلية ، ويلعب الالتهاب دوراً مهماً في هذه الحالة الاخيرة .

وقلب هنري فوكيه Henri Fouquet (1727-1806) ، تلميذ بوردو نظام هالر وعزا أهمية

خاصة الى الاحساسية ، ضد التقلصية . وبين هاتين الخاصتين يضع مزدوجاً من القوى ، وهي فكرة سوف يأخذها خلفاؤه من بعده ، ولاعادة الحالة الصحية المخربة فهو يطمئن الى الالياف الحية المزودة بهذا المزدوج من القوى . ويعتبر بول جوزيف بارتز Paul-Joseph Barthez (1734-1806) رمزاً للحيوية المونبلية (نسبة الى مونبليه) رغم أنه لا يعتبر مؤسسها بل ان عبقريته القوية جعلت من هذه النظرية الفيزيولوجية نظاماً متكاملاً . ويقبل بارتز بمزدوج القوى الذي قال به فوكيه والمتكون من الاحساسية والحركية، وهما خاصتان يضعهما تحت سيطرة قوة عليا .

ولا يغطّي الاسم الذي أطلقه عليها « المبدأ الحيوي » اية غاية مسبقة . وهذا التعبير كان قد استعمل من قبل في مونبليه من قبل آ. فيزز A. Fizes الذي لم يكن حيوي المبدأ . ولا ينكر بارتز Barthez حاله في ذلك حال بوردو ، لا وجود ردات الفعل الفيزيائية الكيميائية ولا وجود النفس ، ولكنه يضع الحياة عند مستوى وسط بين الوجودين . وبالمقابل ، إنه يرفض الحيوات الصغرى التي قال بها بوردو . فهو يرى أن المبدأ الحيوي وحيد ولا توجد أية تسلسلية يجب اجتيازها . وهكذا تفوته الحياة الإنباتية غير الواعية والتي يجعلها الاحيائيون تحت سيطرة النفس . إن المبدأ الحيوي يسيطر على الحياة الحيوانية كما تتحكم النفس بحياة العلاقات ، وبصورة خاصة بالحركات الإرادية .

وطبق بارتز نظامه على البتولوجيا ، فاعتقد أن المرض يرد الى اختلال في توازن القوى بين الاحساسية والحركية . وهذه القوى تتعلق بالمبدأ الحيوي . وعلى هذا الاخير أن يعيد اليها التوازن ، وهذا هو مفهوم شبيه بمفهوم الطبيعة عند أبقراط وبإحيائية ستاهل . ولم يكتف بارتز بالافكار العمومية فقام بتحليل حق لمجمل الدلالات الملحوظة لكي يستكشف فيها المبادىء الأولية ، أو العناصر المرضية والتي تجب محاربتها . إن فن الطبيب يكمن في مهارته في فصل العناصر الأولية عن العناصر الثانوية . وتتم المعالجة ضمن هذا الترتيب ، ولكن العناصر الثانوية تزول في أغلب الأحيان ، بصورة عفوية بعد معالجة العناصر الاخرى . ورفض بارتز التحيز لاي نظام وارتضى ، وقبل كل العلاجات شرط أن تكون فعالة . وفي هذا فكر جديد . لقد صنف هذه الادوية ضمن 3 مجموعات : علاجات اضطرابية عنيفة تشكل معالجة صدمة ، علاجات مُقلدة قريبة من علاج الداء بالداء (هوميوباتي) ثم علاجات خصوصية .

هذه الاستطبابية لن تطبق إلا إذا كان المبدأ الحيوي بحاجة الى المساعدة . وأصالة عمل بارتز تكمن في أنه يحل محل الامزجة المعقدة رموزاً وإشارات بسيطة وواضحة . وإن هذه الاصالة تتخلى عن نظرات الفكر فتطبق استطباباً سلبياً ومنطقياً قريباً ومبشراً بالعصور الحديثة .

ومن بين تلامذته نذكر : ح . ش . م . دي غريمود J.Ch.M. de Grimaud (1750-1789) وش . ل . دوماس Ch-L.Dumas (1765-1813) اللذين ضاعفا وكثرا القوتين البارتيزيتين. وامتدت مدرسة مونبليه الاحيائية حتى القرن التاسع عشر ، مع ف . بيرار F.Bérard ، وبشكل خاص مع ج. لوردا J. Lordat الذي اعتمد وجهة نظر أكثر ستاتية. وهناك آخرون من مونبليه عرفوا بالحيوية في

باريس ، وبصورة خاصة فيليب بينيل Phillipe Pinel (1745-1826) ، اختصاصي في الأمراض العصبية

وطور تلميذه بيشات Bichat (1771-1802) النظرية . فقال بمزدوج القوى البارتيزية وسماه احساسية وتقلصيةولكنه ميز بين الحياة الحيوانيةوالإنباتية والحياة الناشطةالعلاقية،فقبل بمزدوج خاص من القوى لكل واحدة منها . وقد بحث ، كمشرح جيد عن أساس مادي وَوَطَنَ الحياة الإنباتية في النظام العصبي الودي وحياة العلاقات في « المركز العصبي » (النفراكس) وبين الاثنين توجد علاقات لم يوضحها مخصصة للتنسيق بينهما . وقد رفض بيشات ، مع النسيج المخاطي الذي قال به بوردو ، رفض فكرة الغدة ، وحل محلها مفهوم النسيج ، وفي هذا تقدم غير منكور جعل منه السلف لعلم البيئة المعاصر . وكل نسيج مزود بقوة حيوية خاصة ذات علاقة بالوظائف المتوجبة عليه .

وكان بيشات من أنصار علم التشريح البتولوجي ، بعد أن كان درس فيزيولوجية الانسجة في ضوء الاحيائية ، ولاحظ الخلل الذي تتعرض له الانسجة عند المرض . ولكي يعيد توازن القوى داخل النسيج المصاب استخدم استطباب بارتز . وإذاً فبيشات Bichat ، مهما قيل عنه ، هو حيوي حقيقي وقد طبق آ . ريشيران A.Richerand 1779-1840 مبادىء مماثلة على علم الاستطباب الخارجي .

والحيوية نظام فرنسي أساسي ، وكان لها بعض الانصار في المانيا وانكلترا . وميزتها الرئيسية أنها حاولت دمج وتركيب أفضل عناصر الانظمة السابقة وإنها كانت في مطلع القرن التاسع عشر ، أكبر خصم لمذهب بروسّي .

علاج الداء بالداء (هوميوباتي) ـ في أواخر القرن 18 وبداية القرن 19ظهر نظام طبي جديد هو هوميوباتي، لذي وان لم يكن مرتكزاً على الفيزيولوجيا ، إلا أنه قد ساعد ، مثل بقية الانظمة على إقامة نطاسة جديدة . وواضع هذا المبدأ هو الالماني هانيمان Hahnemann (1755-1843) الذي عثر على اكتشافه الأول حين لاحظ أن الكينا اذا اخذت بمعايير قوية . تتسبب بأزمات ارتجافية من النمط البرداثي ، تشبه تلك التي أعطيت من اجل الشفاء منها . وبعد أن جرب عدة مستحضرات ، على نفسه في أغلب الاحيان ، استنتج من ذلك القاعدة الصائبة المأخوذة عن الاقدمين « وداوني بالتي كانت هي الداء » . وأضاف الى هذه القاعدة ، قاعدة التماثل ، قاعدة أخرى هي قاعدة اللاتناهي : كلما كان المستحضر مذوباً أكثر كلما كان مفعوله أكبر .

والهوميوباتي لاقت صعوبة لكي تفرض نفسها في المانيا . حتى اضطر هانيمان Hahnemann الى المجيء في أواخر ايامه الى باريس حيث وجد ان نظرياته قد وجدت أنصاراً متحمسين نشروها في كل ارجاء العالم تقريباً . واليوم أيضاً تجد هذه النظرية متحمسين لها كما تجد معارضين اشداء ضدها .

ونذكر أيضاً « الايزوباتي » « أو التشابه الطبي » التي اسسها الاميركي ك . هيرن C.Hering

الذي أراد معالجة الامراض ، بمستحضرات من نفس هذه الامراض . ولكنها لم تعرف إلا نجاحاً ضئيلاً

III ـ تقدم الطب العملي

الطب الأبقراطي الجديد ـ إذا كانت الانظمة الطبية قد سيطرت حقاً على الطب في القرن الثامن عشر ، فإنها مع ذلك لا تمثل كل الطب . فقد كونت الأبقراطية الجديدة التي قام بها توماس سيد نهام Thomas Sydenham ، مدرسة ، وكان الاطباء كثيراً الذين التزموا أتم الالتزام بالظاهرات الحيوية دون أن تكون لديهم فكرة الالتزام بنظام . ويتناقض دورهم المهم في صنع الطب المعاصر مع عقم عمل الشراح الأخيرين لأبقراط . فقد جهدوا في استكمال أساليب الاستقصاء المتوفرة لديهم . وفي حين كان البعض ، لوقت قصير خلا ، يكتفون بالنظر الى البول ، وإن بعض الاطباء قد استمر يفحص بالمراسلة ، سعى الأبقراطيون الجدد الى الاتصال المباشر بالمريض . ونشأ عن هذا الاتجاه الجديد في الطب علم السيميولوجيا الحديث والتعليم العيادي

علم دلالات الاعراض (السيميولوجيا) ـ عرفت السيميولوجيا تجدداً حقاً في القرن 18 . رغم أنها لم تكن ممثلة فيه الا بعنصرين : دراسة النبض ، وتفحص الصدر . ولكن في الحالة الاولى يبدو أن الاطباء قد قالوا كل ما يمكن أن يقال في عصرهم . وتكاثرت الدراسات غير الجدية ، متبعين في هذا مثل الصينيين . فقد استعملت الساعة الرملية والساعة الرقاصة المائية من أجل عد النبضات ، قبل أن يخترع غاليليه « النباض » وقبل أن يخترع سنتوريو Santorio أيضاً « نباضه» . وفي الحقبة التي نهتم بها ، كان الاسباني ف . سولانو Fr.Solano من لوكس (1685-1736) هو أول من جذب الانتباه في الغرب الى أهمية النبض ، وخصص له دراسات علمية . وقد وضع ثلاثة أنماط من النبض : النبض المزدوج ، والنبض العارض Inciduus والنبض المتقطع . وقام آخرون يستكملون هذه الدراسة . وأراد بوردو أن يكون لكل عضو مريض نبضه الخاص ، وهذا ما كان يشكل وسيلة ممتازة للتشخيص . وقسم الانباض الى عالية منخفضة ، بحسب موقعها فوق الغشاء الحاجز أو تحته ، وهي مناطق حدد في كل منها سلسلة من الانباض الثانوية العضوية أو الموضعية . وقد تميز هذا التصرف المبالغ به بأنه لفت الانتباه ، في فرنسا الى الدراسة المنهجية لحركات النبض في الامراض . وقد اعتاد بوردو Bordeu ، في الاساس أن يأخذ النبض في نهاية الكعبرة (الكوع) بأربع أصابع . وخصص تلميذه فوكيه Fouquet ايضاً لاعماله ، مراقبات دامغة جداً ، وخطرت له الفكرة بأن يرسم خطياً الاحساسات المذركة مشبهاً إياها بحبات اللؤلؤ المتعددة والمتقاربة نوعاً ما .

واعتبر اكتشاف التلمس بالاصابع أو النقر من قبل النمساوي ليبولد اونبروجر (1722-1809) Leopold Auenbrugger ، ذا أهمية من الدرجة الاولى ، رغم ان هذا الاسلوب لم ينتشر حقاً إلا في بداية القرن التاسع عشر ، بفضل جان نيكولا كورفيسار Jean Nicolas Corvisart (1755-1821) .

وهذا الاسلوب كان المعلم الضروري الذي سوف يمكن « لانك» من القيام بخطوة جديدة الى الامام في الفحص الرئوي .

التعليم العيادي - لم يظهر التعليم العيادي إلا في تلك الحقبة مكرساً أخيراً احدى نصائح الطب الأبقراطي . صحيح أن سلفيوس Sylvius قد افتتحه في القرن السابع عشر في ليد Leyde ، وإن بعض الأطباء الهولنديين والايطاليين قد طبقوه ، إلا أن احداً منهم لم يجعل منه مدرسة ، وكانت امثلتهم بدون غد . وكان أول عيادي قد حفز حقاً هذا التعليم الجديد هو بورهاف Boerhaave الذي زاد قليلاً في شهرة مدرسة ليد Leyde حيث حرص كلّ على المجيء لكي يستلهم مناهج المعلم . وقد كون العديد من التلامذة الذين ساروا بعمله في ليد ، أو اذاعوه في فينا ، بفضل الهولنديين ج . فآن سويتن G.Van Swieten وآ . دي هان A.De Haen ، وبفضل الالماني م . ستول M.Stoll . وكانت هبّة في أغلب البلدان الأوروبية، باستثناء فرنسا التي ظلت متأخرة الى أن استطاع انشاء مدارس الصحة الثلاث « في السنة الثالثة » قهر تعنت الاداريين في المستشفيات . ومن بين المدن العديدة التي اشتهرت يومئذٍ نذكر غوتنجن Gottingen ، وارلنجن Erlangen ، وبافي Pavie وقد احتوت مجموعة متألقة من الأسماء الشهيرة من أمثال الألماني ج.ب. فرانك J.P.Frank ، والسويسري س. أ. تيسو S.A.Tissot .

وبعد ذلك لم يعد الطب كتبياً . وسرعان ما آتت الطرق الجديدة ثمارها مثل علم تصنيف الامراض سنداً للظواهر ، ومن غير أية فكرة تنظيمية أو مذهبية . وهذا التصور للباثولوجيا « علم الامراض » سوف يستمر طويلاً بعد القرن الـ 18 ، حتى تم الحصول على معارف أكثر دقة عن مختلف العوامل المرضية .

وكان أول مصنف هو بواسيي دي سوفاج Boissier de Sauvages الذي قسم الامراض الى عشر مراتب ، و44 سلكاً و315 نوعاً ، دون ذكر التفريعات ، ويستحق اسم ليني Linné وبينيل Pinel وريشران Richerand الذكر أيضاً .

الباثولوجيا وعلم الاوبئة - من بين الامراض العديدة التي درست نذكر الالتهاب الغرغريني (خاصة في انكلترا) وداء النقطة ، والتهاب الصدر ، والمغص من أي نوع ، وفقر الدم ، وانتفاخ الغدة ، والامراض الزهرية ، وأمراض النساء والحصاف (برص ايطالي) وغيرها الكثير من أمراض الجلد ، واقترن كل منها باسماء عدة مؤلفين وبحق . وأعطي اهتمام أكبر بالامراض المستعصية . وإذا كانت المعارف حول الحميات قد بقيت جامدة ، فإن المعالجة بالكينا قد تحسنت .

يضاف الى هذا الجدول المختصر جداً علم الاوبئة الذي احتل مركزاً مهماً في هذه الدراسات . وظل الطاعون يحصد حصداً رهيباً ، خاصة في مرسيليا سنة 1720 دون إمكانية اكتشاف سببه رغم الملاحظات المقنعة لأنطوان ديديه Antoine Deidier . ودرست الملاريا وحوربت بفعالية في ايطاليا من قبل ج . م . لانسيزي G.M.Lancisi (1654-1720) . أما الدفتيريا التي كانت تحصد الناس في

انكلترا وفي كل مكان من أوروبا، والتيفوس والتيفوئيد والكَلَب والكريب المشهور بالانفلونزة، والسعال الديكي وقد درست كلها أيضاً. وهناك وباء جديد تعددت ضحاياه هو الهواء الاصفر الذي ظهر في اسبانيا أولاً ثم خارجها تالياً. ولكن الجدري هو الذي خضع لدراسات عدة، أعطت نتائج مشهودة.

الالقاح والفاكسين أو التلقيح بجدري البقر ـ عرف القرن الـ 18 مرحلتين متتاليتين اشتهرتا بمحاربة مرض الجدري الذي كان يحصد الناس حصداً في كل مكان من العالم تقريباً، وقد اكتشف الصينيون وسيلة للوقاية منه وذلك بذر قشرة مأخوذة عن المجدّر في الأنف. وقد اخذت بلدان أخرى اسيوية بوسائل مماثلة. ولكن هذه الطرق نفذت بصورة جيدة في كل من تركيا واليونان بوخز الجلد في ثلاثة مواضع مختلفة بابرة، ويوضع عند هذا المستوى قليل من القيح الجدري. ونشرت الليدي مونتاغو Lady Montagu، زوجة السفير الانكليزي لدى السلطان، الاسلوب في بريطانيا، مع الدعوة الى ذلك ووافقت على تلقيح ولدها منذ سنة 1717، وانتشرت الطريقة يومئذ بسرعة في انكلترا تحت اسم التلقيح. ورغم وجود نسبة مئوية من الوفيات، فقد ازداد عدد الاشخاص الملقحين والمحميين بفعالية ضد المرض. وفرض التلقيح نفسه، رغم المهاجمين الالداء الذين كان بعضهم عظيماً[1]. وتبعت المانيا المثل، وكذلك سويسرا وهولندا والسويد، الخ. وكانت فرنسا البلد الاكثر تصلباً، وانتظر التلقيح لفترة طويلة قبل أن يفرض نفسه. وكان الملقح الأكثر شهرة، والذي ساهم بفعالية في التعريف بالاسلوب، السويسري تيودور ترونشن Théodore Tronchin (1709-1781) الذي انضمّ اليه الانكليز د. سوتون D.Sutton وت. ديمسدال Th.Dimsdale لما اشتهرا به من حماس ومن نشاط.

وفي الوقت الذي اشتهر فيه التلقيح، ظهر التطعيم «الجِنّيري» الذي حل محل الأول لانعدام خطره. وبدا مجد الطبيب الانكليزي ادوار جنير Edward Jenner (1749-1823) غير مشوب ويستحق بحق التشبيه بمجد هارفي Harvey. فبعد أن لاحظ جنير أن الاشخاص المصابين باللقاح المأخوذ عن ملامسة البقر، لم يعودوا يخشون الجدري، انصرف الى بحوث صبورة حملته الى اكتشافه الفخم بعد عشرين سنة من الجهود. وفي 14 أيار سنة 1796، لقح من قيح دمل لقاحي، كائناً بشرياً. وكان النجاح تاماً، الى درجة أن العالم بأكمله اعتمد بسرعة التلقيح الذي اصبح يحمل اسم المرض الذي بفضله سوف تخلق المناعة الاكيدة الشاملة.

بدايات الطبابة الكهربائية ـ هناك عنصر جديد سوف يجد مباشرة تطبيقات في الطب والكهرباء. فمنذ صنع أولى الآلات الكهربائية في القرن السابع عشر، جرى التفكير في استخدام الكهرباء في الطبابة، تقريباً لكل الامراض، إنما بصورة خاصة في الامراض التي تصيب الجهاز

(1) إن المناقشات الرياضية التي أثارها هذا الموضوع وردت في الفصل 1 من الكتاب 1 من هذا القسم.

العصبي . وفي هذا الطريق اتبع الفيزيائيون الاطباء وتجاوزوهم في بعض الاحيان ، واشهر هؤلاء الفيزيائيين كان الاباتي نوليه Nollet .

وكان أول علاج طبي سنة 1740 على يد السويسري جان جلابرت Jean Jallabert (1712-1768) الذي شفى به مشلولاً . إلا أن استخدام الكهرباء في التطبيب كان نادراً في السنوات اللاحقة . وكانت الاطروحات الأولى حول هذا الموضوع التي نوقشت في مونبليه في سنة 1749 و1750 ، بتأثير من بواسيه دي سوفاج Boissier de Sauvages ، قد درست معالجة الفالج بالكهرباء أو بالمشابهات بين السائل العصبي والكهرباء . واجريت بحوث عدة في العديد من البلدان ومنها المانيا وانكلترا ، ولكن علم الكهرباء الطبي ، درس في فرنسا بشكل خاص ، وبعناية كافية لتحصيل تقدم ملحوظ . واستكملت الوسائل التي كانت بالتأكيد بدائية . وبدلاً من الشحنات الخطرة المنبثقة عن زجاجة ليد Leyde ، وضعت الشرارات الكهربائية ، وأخيراً الحمامات الستاتية ، ومنيت غالبية هذه الوسائل بالفشل ، إلا أن بعضها أدى الى الشفاء . وأراد الاب برتولون Bertholon ان يضع نظاماً مرتكزاً على الكهرباء الحيوانية : فصنف الامراض الى أمراض كهربائية وغير كهربائية وحاول ان يطبق عليها معالجة كهربائية . وكان للكهربة (الكلفنة) معتنقوها ولكن بشكل متأخر . وقد وضع فولتا Volta أول بطارية ، وكان أيضاً الأول في استعمال التيار المكلفن أي المكهرب في الطب .

الحركة المسميرية ـ واستمر استخدام المغناطيسية لتهدئة بعض الاوجاع حتى القرن الثامن عشر ، بعد أن كان قد بدأ في مطلع القرن السابع عشر ، وخاصة في أوجاع الاسنان ، ولكن المغناطيسية ، اصبحت بين يدي الالماني ف . مسمير Fr.Mesmer (1734-1815) ، نظاماً جديداً عرف نجاحاً مدهشاً في حوالي أواخر القرن تحت اسم المسميرية . ترك مسمير المغناطيس ، ومغنط مرضاه بواسطة الايدي ، ثم حسن طريقته ، فنظم جلسات مغناطيسية جماعية حول جفنة مملوءة بالماء المؤكسد الذي تخرج منه قضبان معدنية ، كان المرضى الجالسون حوله يمسكونها بأيديهم . واستكمل المشهد ، بالعاب ضوئية ، وبحركات ذكية وبالموسيقى . وكان الامر يتعلق بظاهرات تنويمية ، لم يكن لها في الواقع اي شيء مشترك مع المغناطيسية بالمعنى الفيزيائي للكلمة . وعرفت المسميرية انتشاراً مدوياً ، وخاصة في باريس ، وقام تلامذة مثل ش . ن . اسلون Ch.N.d'Eslon بصنع جفنة لهم . بل أن مسمير استغل مصداقية جمهورة ، فمغنط أشجاراً يمكن للاشخاص الفقراء أن يعالجوا تحتها . وأخيراً قامت كلية باريس ضد هذه الممارسات التي حكمت ضدها لجنة رسمية من كلية الطب ومن الاكاديمية الملكية للعلوم سنة 1784 . وانهارت الشهرة بسرعة واضطر مسمير الى الهرب خارج فرنسا ، فنسي بسرعة .

البتولوجيا الاجنبية ـ واستمرت البتولوجيا الاجنبية تنمو ، خاصة وإن الاسفار الطويلة المدى ، والتي لم تكن تخلو من مخاطر ، اصبحت شائعة . ولكن الدراسات أهملت الشرق لصالح أميركا ، وبصورة خاصة لصالح جزر الانتيل . فقد كانت هذه المناطق ، فعلاً مسرح عمليات عسكرية ، وعرفت فضلاً عن ذلك أوبئة رهيبة من الحمى الصفراء ، وخاصة في سان دومانغ -Saint

Domingue حيث أن الوباء حصد الناس فتوقفت الحرب لعدم وجود محاربين . أما أفريقيا فلم تلاق الا الاهتمام القليل عبر مصر وعبر بلاد البربر التي كانت بين 1732 و 1734 مجال بعثة علمية وطبية ، الاولى من حيث التاريخ ، بتشجيع من ملك بولونيا أوغست الثاني الذي مولها . ونظم ملك الدانمرك فريدريك الرابع بعثة الى الشرق الاوسط ، وهي المنطقة التي تجمعت فيها الدراسات الرئيسية التي جرت في آسيا . ويمكن أن نذكر أيضاً الاراضي الروسية على حدود العالم الآسيوي وجزيرة مينوركا التي كانت ميداناً لحملات عسكرية متنوعة ، ومجالاً لعدة دراسات .

وكانت البلدان التي قدمت مساهمة في صنع الباتولوجيا الاجنبية في ذلك الزمن مختلفة عن البلدان التي كانت في القرن السابق . وكانت انكلترا وفرنسا في الطليعة . وتناولت الدراسات الرئيسية الحمى الصفراء التي ظهرت في افريقيا واسبانيا وجزر الانتيل وفي أمريكا . ولكن للاسف لم يبرز اي عنصر مُهم يمكنه محاربة هذا المرض . ودرس أيضاً التيفوس الطفحي (داء جلدي) والجذام ، والديزنتيريا والحميات على اختلاف أنواعها ، وكذلك « البيان » [داء جلدي] والليشمانيوز ، والخطيات . وحفزت الرحلات البحرية الطويلة عدة مؤلفين على معالجة أمراض رجال البحر وبصورة خاصة فقر الدم . وأدخل ج . لند J.Lind عصير الحامض في المعالجة المنهجية وفي الوقاية من هذا المرض . وتقدم أيضا علم المناخ بعض الشيء .

الطب النفساني العصبي - كان من مميزات النطاسة في القرن الـ 18 بروز ذاتية النيروبسيكياتري أو معالجة الامراض العصبية النفسانية . فحتى ذلك الحين كان المعتوهون يعتبرون ممسوسين أو أناساً أشراراً وكانت تساء معاملتهم ويحبسون في أكواخ مظلمة غير صحية ، وبعد ذلك اعتبروا كمرضى . وإنه من جلائل أعمال فيليب بينيل Philippe Pinel القيّمة انه اسقط سنة 1793 السلاسل والقيود عن هؤلاء البؤساء ، وعمل على معاملتهم بشكل انساني . ودرس بينيل Pinel ايضاً الامراض العقلية فصنفها ضمن أربع مجموعات . الوسواس الكآبة العته ثم البلاهة . في حين أنه حتى ذلك الحين لم يقم احد بالاحاطة بمجمل هذا المجال الواسع الذي لم يكتشف تقريباً . وتصدى بينيل أيضاً للعصاب بعد كولن ، وبواسييه دي سوفاج Boissier de Sauvages الذي سبق أن تكلم عن أمراض النفس ، وستاهل . ونذكر ايضاً الايطالي ف . شاروجي V.Chiarugi الذي نظم المآوي في بلده وعالج المرضى طبياً . وعرفت الفيزيونوميا أو علم السحنة نجاحاً قوياً في عصر النهضة . وفي القرن الـ 17 تكلم ماران كورو دي لا شامبر Marin Cureau de la Chambre (1596-1669) ، بدوره عن فن معرفة الناس . وأخيراً تبع أثره في القرن الـ 18 السويسري ج. س. لافاتر J.C. Lavater (1741-1801) إنما وقف عند الاشارات البادية على الوجه . ووجه الألماني ف. ج. غال Fr. J. Gal (1758-1828) دراساته ناحية الحدبات في الجمجمة ، فأوجد علماً جديداً هو علم الفرنولوجيا [شكل الجمجمة] الذي عرف نجاحاً كبيراً .

علم الصحة - بدأت الدراسات الصحية تظهر وتتميز . وأصبح بالامكان بعد الآن الكلام عن صحة الجيوش ، والصحة في المستشفيات والملاجىء ، وعن الصحة في السجون وعن صحة المقابر .

ولكن بوجه أعم تم درس الصحة المهنية ، والصحة المدرسية ، وصحة الاطفال ، والصحة الزوجية ، بل وصحة الدول . وعلى نفس الخط بدأت المدن الكبرى تعرف بعض الرفاه : حمامات عامة في انكلترا ، والمراحيض في باريس . الخ ونذكر نشر الكتب العامة لكل من فرانك وتيسو Frank . Tissot

وفي مجال الصحة المهنية ترك الايطالي برناردينو رامازيني Bernardino Ramaz-zini (1633-1714) أثراً علمياً عظيماً في كل المجالات (موربيس ارتفيكون ، مودين ، 1700) حيث درس كل أمراض الحرفيين في زمنه . وفيما خص الصحة في الجيوش ، نذكر الانكليزي ج . برنغل J.Pringle وفيما خص المستشفيات نذكر مواطنه جون هوارد John Howard: الذي اجتاز أوروبا لكي يتزود بالمعلومات ، ونجح فيها بعد بفرض وجهة نظره . واهتم الفرنسي تورت Thouret بصحة المقابر ، وقام مؤلفون كثيرون ، بعد هـ . هاغينوت H.Haguenot ضد مخاطر الدفن في الكنائس .

وفيما خص التدابير الجماعية ضد الاوبئة ، يتوجب ذكر لنسيزي Lancisi الذي جفف مستنقعات بونتين Pontins ، وفي فرنسا اتخذت قوانين صارمة جداً وفرضت في زمن الطاعون تحت اشراف وإدارة مكاتب الصحة . وظل الحجر الصحي احدى الوسائل الأكثر فعالية . ونذكر ، للتذكير التشريع المضاد للسل الذي طبقته في ذلك الزمن جمهورية البندقية .

الطب الشرعي ـ لا يفسح الطب الشرعي المجال أمام الشروح كثيراً، لأن ذكرى ب . زخيا P.Zacchia ، في كل الاذهان ، تشل الجهود الجديدة التي بدت وبحق غير مجدية . ولكن الاهتمام انصب في فرنسا على الولادات المتأخرة ، وهذا ما تسبب بأدب غزير . في حين تدخل الجراح انطوان لويس Antoine Louis (1723-1792) في عدة دعاوى ، عكف مختلف المؤلفين على المسائل التي يطرحها الاختناق . وفي خارج فرنسا قلما كان الاطباء الشرعيون نشيطين الا في المانيا . وايجاد كراسي للطب الشرعي في المدارس الثلاث للصحة في الجمهورية الفرنسية ، دل على بداية عهد جديد بالنسبة الى هذا العلم .

IV ـ الجراحة

الجراحة العامة ـ وبدأ عهد جديد بالنسبة الى الجراحة التي خرجت أخيراً من سباتها الطويل، واخذت تسير في مسار صاعد من أكثر المسارات بهاءً وبرزت هذه الحركة بضخامة أكبر في فرنسا وخاصة في باريس حيث كان الاطباء قد احتلوا مرتبة متدنية جداً بفعل الاساتذة في الكلية . وكانت هذه الثورة قبل كل شيء من صنع ثلاثة رجال احتلوا تباعاً مركز الجراح الأول عند الملك ، فعرفوا كيف يدافعون عن زملائهم ويحصلون من اجلهم على كل الحمايات المطلوبة : جورج مارشال (1658-1736) Georges Mareschal ، فرنسوا لابيروني Francois de Lapeyronie (1678-1747) ، وج . بيشو دي لامارتينيار G.Pichaut de Lamartinière (1696-1783) . وارتكز هذا التصحيح على اعادة

تنظيم كلية الجراحة في باريس سنة 1724 ثم بعث وتوسيع امتيازاتها القديمة ، في سنة 1743 . ومنذ ذاك أصبح للجراحين مدينتهم (سانتكوم) حيث كانوا يعلمون فنهم دون أن يستطيع الأطباء أن يمارسوا عليهم شيئا من الرقابة غير حضور بعض الامتحانات . فضلاً عن ذلك، رفع الالزام القاضي بوجوب الحصول على المعلمية في الفنون من اجل إمكانية القيام بالدراسات الجراحية ، هذه الدراسات الى نفس مستوى الطب. وأصبح للجراحين الجدد حقهم الذي كان مقدراً جداً في ذلك الزمن وهو لبس الثوب الطويل . وعلى نسق باريس اصبح لمونبليه Montpellier كليتها سنة 1741 ، وتبعتها في ذلك مدن أخرى . وعلمت فيها الجراحة العامة تحت اسم « المبادىء » والتشريح وعلم العظام وأمراضها والعمليات ، ثم بعد ذلك بقليل علم القبالة ثم طب العيون . وفتحت في باريس ومونبليه مدرسة تطبيقية حيث كان التلامذة المتفوقون يتآلفون مع العمليات على الجثث التي كان يصعب الحصول عليها . وكانت الامتحانات شبيهة تماماً بامتحانات كليات الطب ، وكانت تتوج فيها بعد بأطروحة . وعلى كل حال لم يكن التكوين الجراحي موحداً ، وخارج المدن المزودة بوجود كلية ، لم تكن المدن الاخرى مزودة الا بمعلمين جراحين من مرتبة ادنى ، لم يمروا إلا بامتحان ابتدائي بسيط . واستمرت المستشفيات في المدن الكبرى في تخريج بعض الشبان الجراحين الداخليين الذين كانوا بعد 6 سنوات تعطى لهم شهادة المعلمية بعد امتحان واحد . وكان هذا الاسلوب في تخريج الاطباء الجراحين مرغوباً به بسبب الممارسة العملية فيه . وكان هذا التعليم الجانبي الهامشي قد بقي مستمراً بخلال الثورة الفرنسية ، وانتشر بسرعة في كل مجالات الطب . ويعتبر الشبان الجراحون الذين نالوا رتبة المعلمية في القرن الثامن عشر هم الاسلاف المباشرين الداخليين في مستشفيات فرنسا . وعزف صعود الوسط الجراحي ذروته سنة 1731 بتأسيس الاكاديمية الملكية للجراحة ، ويعود الفضل فيها الى مارشال Mareschal ولابيروني Lapeyronie وهذه الأكاديمية سبقت بكثير أكاديمية الطب . وفرضت الجمعية الجديدة نفسها سريعاً بفضل العناية في جلساتها ونوعية أعمالها . وكان مديرها الأول ج. ل. بتي J.L. Petit وسكرتيرها الدائم كان انطوان لويس Antoine Louis . وكان هذان الشخصان هما المحور العامل لهذه المؤسسة المهمة .

وفي الداغارك ، حيث كان الجراحون عرضة لنفس التنكيل من قبل أطباء، وكان رسول اليقظة الجراحية هو سيمون كروجر Semon Cruger . وكان الصراع مريراً ، يتخلله الخذلان، ولكن كلية كوبنهاغ اضطرت الى الاستسلام عند انشاء اكاديمية للجراحة حيث اشتهر هنريك كاليسن Heinrich Callisen . وحصل تطور مماثل في بريطانيا . فظهرت كليات جراحة في لندن .وأدنبره ودوبلن Edimbourg et Dublin ، كما ظهرت اسماء عظيمة في مجال الجراحة البريطانية يومئذٍ . وأسس الاخوان جون ووليم هنتر John et William Hunter متحفاً ونظموا تعليم الجراحة .

وفي المانيا وبخاصة في بروسيا تقدمت الجراحة العسكرية تقدماً حقيقياً . وانشئت كلية طبية جراحية مزودة بكرسيين في برلين .ولكن الجراحة ظلت مستترة في البلدان الجرمانية الاخرى . وكان الامر كذلك للاسف في ايطاليا وهولندا رغم أن هذين البلدين لم يعرفا التفريق بين المهن الطبية

والجراحية . أما النمسا فقد بعثت نهضة خجولة حين انشأت مدرسة للجراحة الطبية في فينا . وظلت البلدان الشمالية واسبانيا في الظل . وفي القرن الثامن عشر توجه نشاط الجراحين نحو مجالات عديدة في الجراحة الكبرى والجراحة الصغرى . فدرست الجروح السطحية والخراجات والالتهابات السطحية والتقيحات المتنوعة والاكالات وجروح الرأس وجروح العيارات النارية . وفي عمليات البتر اعتمد أسلوبان : الاسلوب الدائري ذو الكم أو الدائري ذو الشق أو الشقين ، وتحددت التجاوزات بفضل توضيح افضل للتأشير العملياتي . وكذلك حصلت الجرأة من اجل تفكيك كل الاطراف باستثناء الورك ، وكان الوضوح أكبر ايضاً في تأشيرات المثقب . فاستؤصلت الخراجات ، بما فيها سرطان الثدي . وربط تنفخ الشرايين فوق الجيب ، وتمت الجرأة على ملامسة المعدة وحتى المريء . وقامت دراسات عدة حول الفتوقات : فتم سد ثقب الفتق عن طريق الجراحة مع الايصاء بلبس المشد فيما بعد . ويتم الاخصاء في الفتق الفخذي وغيره من الفتوق .

واستؤصل الناسور المخرجي ، وكذلك التقرح الدملي رغم أن التقنيين لم يتفقوا على الاسلوب الذي يجب اتباعه . أما الكسور والخلوع فلم تنل الا استكمالات تفصيلية من حيث تخفيفها وضبطها ، بالمقابل عُرفت جيداً وبدقة تفاعلية التكلس انطلاقاً من غشاء العظم ، وهو أمر قد قضى على اخطاء مضت عليها قرون . وكانت الجراحة في العامود الفقري مطروحة ، وكذلك التجبير الذي ولد مع ن آندري N. Andry وآ . ج . فينيل A.J. Venel .

واقترنت اسماء العديد من الاطباء بهذه العمليات المتنوعة . نذكر بالنسبة الى فرنسا : ب . ج ديسوت P.J.Desault وكان تأثيره عظيماً على الاجيال الشابة ، خاصة بعد التعليم العيادي الذي قام به في اوتيل ديو في باريس ، وآ لويس A.Louis وج . ل بتي J.L.Petit ، أما في بريطانيا فكان آ . مونرو الابن A.Monro ، وج دوغلاس J.Douglas ، الذي كان أيضاً عالماً بالتشريح ، وبرسيفال بوط Percival Pott ، ووليم شيسلدن William Cheselden وكذلك جون ووليم هنتر John et William Hunter ؛ وبالنسبة الى ايطاليا : كان هناك : آ . سكاربا A.Scarpa ، وكان أيضاً عالماً ممتازاً في التشريح ؛ وفي المانيا كان لـ . هيستر وآ . ج ريختر L.Heister et A.G.Richter والعديد من الجراحين العسكريين الممتازين .

ونذكر بسرعة بعض النجاحات . فقد تعلم ف . شوبارت Fr.Chopart كيف يخلع الرجل ، في حين كان بتي Petit يفرق بين ضغوطات الصدمات في الرضوض الجمجمية ، ويصف وصفاً ممتازاً التهاب المرارة . وابتكر جون هنتر John Hunter ربط الشريان الفخذي ووصف القناة التي تحمل اسمه . وقام آ . سكاربا A.Scarpa و جمبرنات A.de Gimbernat باكتشافات مهمة تشريحية بمناسبة أعمالها الجراحية . ولم يتردد ف . لابيروني Fr.Lapeyronie في بتر عقدة معوية في حالة فتق مخنوق ، وأعاد بعدها المرور العادي . ووصف ب . بوط P.Pott وج ب . دافيد J.P.David ، بآن معاً تقريباً « مرض بوط » في حين درس هـ . ل . دوهامل دو مونسو H.L. Duhamel du Monceau وب . فيغاروس B. Vigarous تفاعلية التوالد العظمي كما درس ت . غولار Th.Goulard الأمراض الاحليلية والزهرية .

التخصصات ـ كانت هناك عمليات اعتبرت حتى ذلك من اختصاص الجراحين الجوالين أو « الاختصاصيين » ثم الحقت بصورة تدرجية بالجراحين الحقيقيين . وأهم هذه العمليات كان استخراج الحصى ، والشق الجانبي . وهذه الطريقة التي استكملت بفضل الاسلوب الخفي الذي وضعه جان باسيلهاك (الاخ كوم 1703-1781) فضلت على الاسلوب الجديد ، أسلوب البضع الجانبي الذي كان يتطلب مهارة فائقة . وعادت انكلترا الى تفضيل أسلوب الشق القديم بين السرة والعانة ، اسلوب فرانكو Franco ، أو العملية العليا التي لم تفرض نفسها إلا في القرن 19 .

وعرف طب العيون نهضة كبرى يومئذ ونجح ايضاً في الحصول على كراسٍ في كليات الجراحة . ومن بين العمليتين الرئيسيتين ، التقرح الدمعي والسيلان . وعرفت الأخيرة ثورة تقنية حقة . في حين أنه منذ العصور القديمة كان يكتفى بتخفيض بلورة العين (كريستالن) ؛ اخترع الفرنسي ج . دافيل J.Daviel (1696-1762) اسلوب الاستخراج الذي قلما أصابه تغيير بعد ذلك .

وقد جرى الاهتمام أيضاً بعمليات تدخل اليوم في مجال اختصاص الاذن والانف والحنجرة ، مثل أورام الانف ، وترسبات التجويف الفكي ، وأمراض الفم والشفة المشقوقة . أما ترقيع الانف الذي نسب الى تغاليا كوزي Tagliacozzi فقد نسي تماماً .

وعلاج الاسنان فرض نفسه بدوره وخلص من المشعوذين في البونيف وغيره . وبعد ذلك سوف يهتم الاطباء والجراحون بفن الاسنان وسوف يذيعون نتائج بحوثهم في هذا المجال الذي كانت الكتب فيه نادرة جداً . وجرى تحسين الآلات وابتكرت آلات جديدة . وبذات الوقت ظهرت أولى النصائح فيما يتعلق بصحة الاسنان . فعولج التسوس، واستعملت الاسنان المستعارة الحيوانية والاصطناعية وظهرت أولى التركيبات وتميزت هذه الثورة الحقة بأن هذا التقدم هو أيضاً من صنع الجراحين كما هو من صنع الاطباء ، وهذا ما ساعد على التقارب المرجو بين المهنتين الخصمتين . وأخيراً كرست الثورة الفرنسية هذا الاتحاد باقامتها ثلاث مدارس للصحة أنشئت في 14 فريمر السنة الثالثة ، في باريس وستراسبورغ ومونبلييه .

فن التوليد ـ كان هذا الفرع من الطب قد حصل على استقلاليته منذ مئة سنة . وأصبح مركز القابلات ثانوياً ، كما رأى الجراحون أنفسهم سنافسين ، أكثر فأكثر من قبل الاطباء في ممارسة هذه المهنة التي تخصص بها البعض . وحصل تقدم في المجال التشريحي النسائي ؛ ومن بين التجديدات الكثيرة ، درس الرحم في حالة الحمل .

وتم درس معالجة الحوض بفضل الفرنسيين ا. ليفري A. Levret وج.ب. بوديلوك J.B. Baudelocque (1745-1810) ووضعت توضيحات حول حركات الجنين عبر الممر الحوضي ، وحول مختلف الوضعيات التي يمكن أن يأخذها بحسب التمثيلات وقدمت من قبل بوديلوك Baudelocque ، وخاصة من قبل معلمه ف.ل. ج. سولاريس F.L.J. Solayrès من رنهاك . وأشار الانكليزي و. سملي W.Smellie بالتحويل أو القلب الأخدودي في حالات الالتحام السابق .

واكتشف ج . ر سيغولت J.R.Sigault السمفيزوتومي (الالتصاق) الذي عرف حالاً مؤيدين عديدين . في حين فضل آخرون عليه العملية القيصرية التي أعيد إليها مجدها وعرفت نسبة من النجاحات كافية .

لم يعد الملقط آلة سرية : لقد شاع استعماله وكلّ يحاول استكماله . وفي هذا احدى الاشارات الاكثر تمييزاً للفكر الجديد . وعلى نفس المستوى انشئت دور التوليد الأولى؛ بعضها كان بيوتاً بنيت بصورة خاصة لهذه الغاية ، وبعضها الآخر انشىء كأجنحة محجوزة في بعض المآوي . وأخيراً ظهرت الصحف المتعلقة بالولادة في آخر القرن . وعلى كل كانت فرنسا هي التي تحتل المقام الأول بالعناية بشؤون الولادة والتوليد تتبعها عن قرب انكلترا والمانيا .

V ـ الصيدلانية

لم يعرف علم الصيدلة ثورة كثورة القرن الماضي ، اذ لم تكتشف أدوية جديدة ذات مفعول عملي بمثل هذه الضخامة . بالمقابل جرى تحديد مؤشرات جديدة استطبابية لمستحضرات سبقت معرفتها وتفحص الألماني آ. فون ستورك A. Von Storck خصائص الشوكران Ciguë والداتور Dature والأقونطين Aconit والسورنجان (الكولشيك Colchique) ، الخ . في حين استعمل الانكليزي وليم ويذرنغ William Withering (1741-1799) القمعية (Digitale) في الاستسقاء (Hydropisie) ، كما أوضح الايطالي ف . تورتي F. Torti معايير استعمال الكينا .

وكانت المستحضرات النباتية تحتل مركزاً قوياً في الإجزائية [تركيب الادوية] في حين تم التخلي بصورة شبه كاملة عن المستحضرات الحيوانية ، باستثناء مستحضر واحد رأى النور يومئذ ونجاحه لم يتزعزع منذ ذلك الحين ، إنه زيت كبد المورة (Morue) . ولكن المستحضرات شبه المعدنية كانت أكثر نجاحاً لقد حضّر الانكليزي توماس فاولر Thomas Fowler الزرنيخ السائل واطلق اسمه على هذا الشراب .وأشاع ت . غولار Th.Goulard استعمال مختلف المستحضرات من أساس الأسيتات الدنيا من الرصاص ومنها الماء الابيض . وعرف برتولي Berthollet بكلورات البوتاس وادخل الانكليزي ت هنري Th.Henry المنغنيز في الطب . أما الزئبق ، الذي ما يزال يستعمل في السفلس ، وهو اي السفلس غير مُفرق تماماً عن السيلان الابيض ، فقد استعمل بعيارات أقل ، والعديد من المؤلفين يُناهضون البحث عن استدرار اللعاب .

فضلاً عن مستحضرات التطبيب التجانسي ، والمغناطيسية ، والكهرباء ، نذكر شيوع استعمال الاستطباب المنتجعي Balneo Therapie بالمياه الحارة أو الباردة والحموية Thermalisme ، كما نذكر نشأة علم التداوي بالمياه ، وهو علم جديد يدخل بآن واحد في الكيمياء وفي الطب . في حين أشاع بوردو Bordeu ، استعمال مياه باريج Barèges وصنع ج . ف . فينيل G.F.Venel مياه سلتز Seltz

الاصطناعية ، أخذ بيع المياه المعدنية يزاحم التداوي بالمياه الحارة Thermalisme

VI ـ الحركة الطبية

لم يعد من الضروري تأريخ الحركة الطبية . فقد تكاثرت الاكاديميات في مختلف بلدان أوروبا وحتى في الارياف . وحده الطب الفرنسي ظلّ مستعصياً متخلفاً بسبب موقف كلية الطب في باريس ، هذا على الرغم من ان انشاء الجمعية الملكية للطب قد تم سنة 1776 بدونها ورغماً عنها ، وبفضل ج . م . ف. دي لاسّون J.M.Fr.de Lassone (1717-1788) الذي انشأها ، وبفضل ف. فيك دازير F.Vicq d'Azyr الذي كان حافزها الرئيسي . وأطاحت الثورة الفرنسية أخيراً بهذه الرواسب. واتسع نطاق الصحافة الطبية وتضخم حتى ان احصاء مختلف الدوريات اصبح صعباً في حين اخذت تظهر أوائل الصحف المتخصصة .

ورأى التعليم الطبي تكاثر الكليات ، دون أن يتساوق عددها مع قيمتها . واحتفظت المدارس القديمة بكل مجدها ، وإذا كانت الجامعات اللاتينية قد رأت عدد التلامذة الجرمان يتدنى لصالح الكليات الالمانية ، التي كان بعضها ممتازاً ، إلا أن « العالم الجديد » ملأ الفراغ ، وبصورة خاصة أميركا الوسطى وأميركا الجنوبية .

في هذه الاثناء استمرت بعض المدارس في استقبال الطلاب من جميع انحاء العالم . تلك هي المدارس التي تقدم تعليماً عقائدياً . وهكذا كان من الشائع انتجاع ليد ، وهال ، وكوتنجن ، ومونبليه أو المدارس العيادية في فينا ، وليد ، وادنبرة ، وباقي الخ . واحتفظت مدارس أخرى بشهرة كبرى : باريس،ليبزيغ ، وبادو ، وبيزا ، وبولونية ، وبال وأبسال. ورأت أوروبا الشرقية ولادة جامعة موسكو وويلنا . وإذن فقد كان العالم الجامعي في أوج ازدهاره .. أما بشأن الاساتذة ، فالملاحظات التي قيلت بالقرن الماضي ما تزال صالحة . فالاساتذة في فرنسا أكثر استقراراً ، منهم في غيرها ، حيث يخضعون عفوياً للاغراءات المتتالية من مختلف الكليات واصبحت الكيمياء أكثر قرباً إلى العلم منها إلى الطب إلا أن كليات الطب ظلت أهم مراكز تعليم هذه المادة التي دخلت حتى الى كلية الجراحة في باريس . وكذلك الحال بالنسبة الى علم النبات . الذي وإن استقل ، ظلّ يعلم في كليات الطب ، وظلّ يهم عدداً لا بأس به من الاطباء . نذكر أيضاً ، أنه في النصف الثاني من القرن 18 ، نجح الصيادلة في استدراك التأخير الذي كانوا فيه بالنسبة إلى الجراحين منذ ما يقارب مئة سنة ، في حين أنهم ، أيام الثورة ، كانوا يجلسون إلى جانبهم في كليات الطب .

إننا نرى الآن كم كان كبيراً ما قدمه القرن الثامن عشر في بناء الطب الحديث . ان هذا القرن لم تكن له نفس الاصالة الكبيرة التي كانت للقرن الماضي ، ولكنه عرف كيف ينمي ويقوي الميول التي سوف تؤتي ثمارها من اجل خير البشرية جمعاء .

الفصل الرابع :
الزوولوجيا أو علم الحيوان

في آخر القرن 17 ، اعطى جون راي John Ray لعلم الحيوان شكلاً أكثر علمية ، فقد ادخل فكرة النوع وعرف دور التشريح في التصنيف الحيواني . هذا الحفز ربما حدد تقدماً برز طيلة القرن 18 وإذا كان تطور الزوولوجيا قد بدا أكثر بطئاً من تطور علم النبات ، فان هذا الفرق يفسر بموضوع هذا العلم بالذات : إن دراسة الحيوان اكثر تعقيداً ، وتجميع المواد بدا اكثر صعوبة .

I ـ وسائل الدرس

تقنيات المراقبة ـ كان ميكروسكوب ليونهوك Leeuwenhoek وميكروسكوب هارتسوكر Hartsoeker ـ ويلسن ، شائعي الاستعمال . وفي مجال المراقبات الميكروسكوبية ، كانت تستعمل البلورات المكبرة والعدسات المؤطرة ضمن اطار نظارات ، وهو تجهيز يترك لليدين حرية التحرك ، وبالتالي يتيح الملاحظة والتشريح ، ولكنه غير مؤات للرسم . وفي سنة 1745 ، صنع ب . ليوني P.Lyonet نموذجاً جديداً من العدسات المكبرة المزودة بنفس الامكانات ، وتتيح إضافة الى ذلك الرسم .

وشكل الرسم ، والتلوين والحفر مساعدات ثمينة بالنسبة الى علم الحيوان ، ومن بين الانتاجات الاكثر بريقاً في القرن 18 ، في هذا المجال ، نذكر المؤلف الفخم حول الفراشات وغيرها من حيوانات أميركا الجنوبية ، مؤلف حققه س . م . ميريان S.M.Merian في مطلع القرن . والرسومات والمحفورات الرائعة التي نفذها ب ليوني P.Lyonet لكي يزين بها أعماله الخاصة أو دراسات الزولوجيين الآخرين من أمثال ترمبلي Trembley وليبركون Lieberkuhn ؛ وأخيراً رسوم الطيور لـ ل . فريش L.Frisch وم . كاتسبي M.Catesbey وج . ادوارد G.Edwards ورسوم الضفادع لروسل فون روزنهوف Roesel Von Rosenhof .

المجموعات وصالات التاريخ الطبيعي ـ ان المجموعات الخاصة كانت في تلك الحقبة عديدة وكثيرة الكلفة . وبلغ الولع بمجموعات الاصداف ، الملحوظ في كل من فرنسا والمانيا ، أوجه في هولندا . وكانت صالة صدفيات ب . ليوني P.Lyonet ، في سنة 1762 تحتوي أكثر من 7000

قطعة ، وتعتبر الاكثر كمالاً حتى ذلك الحين .

واسس ج . ت كلين J.T.Klein في دانزيغ صالة تاريخ طبيعي حولت فيها بعد الى بايرث (Bayreuth) [في المانيا] .

وفي باريس ، نظم ريومور Réaumur (1683-1757) في بيته متحفاً مفتوحاً أمام الجمهور تجاوزت مجموعاته في أهميتها مجموعات صالة بستان الملك ، وبصورة خاصة الطيور التي كان مراسلوه المتعددون يرسلون له عيِّنات منها من كل ارجاء الكون . واهتم ريومور في تحسين تقنيات حفظ الحيوانات ، وترك عدة مخطوطات تتعلق بصالات التاريخ الطبيعي . وكانت مجموعته التي ورَّثها للاكاديمية الملكية للعلوم قد نقلت بموجب أمر ملكي (1758) الى صالة بستان الملك في باريس .

ونجح بوفون Buffon بعد أن خلف دوفي Dufay كأمين لبستان الملك ، في زيادة المجموعات بشكل ضخم . وطلب من كل المسافرين ومن الموظفين ، في المراكز البعيدة ، أن يرسلوا حيوانات حية أو جلوداً ، ونباتات ، وأشباه معادن . وهكذا تلقى مواد ضخمة ـ مثلاً مجموعات مأخوذة من السنغال من قبل ادانسون Adanson ـ زادتها غنىً الهدايا المقدمة من قبل بعض الملوك . وكلف دوبنتون Daubenton بتنظيم المجموعات ، وشكل كتابه « وصف بستان الملك » (1749)أول عرض متحفي علمي . فضلاً عن ذلك ، أسست بداية حظيرة للحيوانات .

وفي سنة 1793 ، جمعت صالة وبستان الملك تحت اسم متحف التاريخ الطبيعي . واقرَّ فيها تعليم الزوولوجيا ، وأسند التعليم أولاً الى اتيان جيوفروا سان هيلير Etienne Géoffroy Saint-Hilaire ، ثم وزع بين هذا وبين لاسيبيد ولامارك .

وبعد التغلب على مصاعب عدة نجح ا . جيوفروا سان هيلير E.Géoffroy Saint-Hilaire ، في آخر 1794 ، وبصورة رسمية في الحصول على انشاء حظيرة مخصصة جزئياً للملاحظة العلمية . نذكر ، فضلاً عن ذلك ، ان حظيرة برنس دورانج أتاحت لـ ب . س. بالاس P.S.Pallas ان يدرس عدة أنواع جديدة أو معروفة بصورة غير كاملة .

رحلات علماء الطبيعة ـ في القرن 18 تتابعت الرحلات الكبرى ، وكثر عددها بصورة متزايدة ، وقام علماء الطبيعة المحترفون يشاركون فيها ، لجمع الوثائق الثمينة حول حيوانات غير معروفة ، ولتغذية المجموعات الخاصة ، والصالات والمتاحف .

ونظمت بعثات مهمة من قبل روسيا لاحصاء الحيوانات والنباتات والموارد الطبيعية ، في آسيا الوسطى وفي سيبيريا . وشارك في أولاها (1733-1742) النباتي ج . ج . جملين J.G.Gmelin والحيواني ج . ستيلر G.Steller وشارك هذا الأخير ايضاً بالرحلة الى كامشكا من قبل س . ب . كراشينينكوف S.P.Kracheninnikov ، وجمع معلومات غير منشورة عن الفقريات في تلك المنطقة . وبين 1768 و 1774نظمت بعثة علمية ضمت الحيواني ب . س بالاس وس . ج . جملين S.G.Gmelin من قبل كاترين الثانية من اجل اكتشاف المنحدر الشمالي من القارة الآسيوية . ونشرت النتائج

المهمة التي توفرت لها في ثلاثة مجلدات تحت عنوان « رحلات عبر عدة أقاليم من الامبراطورية الفارسية » (1771-1776) .

ومنذ منتصف القرن 17 ، اهتمت أكاديمية العلوم ، في الدانمرك بسكان ايسلندا وتابع ي أولافسن E.Olafsen وب . بوفلسن B.Povelsenهذه الدراسة من 1752الى 1757 . وفي كتاب « ناشرتين فون ايسلندا » (1746) وصف ج . اندرسن J.Andersonورسم اجناس الحوتيات والطيور في المناطق الشمالية . وفي 1788 ، نشر ن . موهر N.Mohr موجزاً اجمالياً لتاريخ ايسلندا الطبيعي ، في حين نشر اوتو فابريسيوس Otto Fabricius سنة 1780كتاباً مهماً « فونا غرونلندا » .

وقدمت البعثتان الاوليان ، اللتان قام بهما جامس كوك James Cook في الباسفيك مستندات حول الحيوانات في أوستراليا (هولندا الجديدة) . وشارك ج . بانكس J. Banks ود . سولاندر D.Solander ، في البعثة الأولى (1768-1771) التي زارت زيلندة الجديدة وقسماً من اوستراليا . وقدما وصفاً للكانغورو الذي ظل اكتشافه، في سنة 1700، من قبل دامبيه، غير منظور. ووصف ج.ر. فورستر J.R.Forster الذي شارك في الرحلة الثانية لكوك (1772-1775) لحيوانات أميركا الشمالية بشكل خاص ، وحيوانات الهند الشرقية والصين . ويُذكر ايضاً أن جوزف جسيو Joseph Jussieu ، الذي ذهب سنة 1735 الى أميركا الجنوبية مع بعثة جيوديزية ظل فيها 35 سنة ،وان سونيرات وكومرسون Sonnerat et Commerson شاركا في البعثات الى أوقيانيا التي قام بها بوغنفيل Bougainville (1766-1769) وبيروز Pérouse (1785-1788) .

وكانت أميركا موضوع إهتمام خاص . وتضمن « التاريخ الطبيعي للسنغال » (1757) الذي وضعه ادانسون Adanson بعض الملاحظات من النمط الزوولوجي . ووصفت حيوانات افريقيا الجنوبية سنة 1712 من قبل ب كولب P.Kolbe ، وفي سنة 1787من قبل السويدي آ . سبارمان A.Sparman الذي اهتم بشكل خاص في انتيلوب ، بالطيور والارضات (Termites) . نذكر أيضاً ، مع اشياء اخرى ، اكتشاف شواطىء أفريقيا الشمالية من قبل ت. شو Th.Shaw والمعلومات المهمة التي جمعها ا . جيوفروا سان هيلير Et.Géoffroy Saint-Hilaire ، وج.ش . دي سافيني J.C.De Savigny والرسام الملون ب ج ردوتي P.J.Redoutéبخلال بعثة مصر التي نظمها بونابرت ابتداء من 1798 .

وأخيراً درس ب . سونيرا P.Sonnerat حيوانات الهند ، والصين وجزر الملوك . في حين اكتشف ج . آ . اوليفيه G.A.Olivier آسيا الصغرى وفارس .

II ـ المفاهيم الجديدة في علم الحيوان

المنهجية أو التنظيم ـ بخلال القرون الماضية والعقود الأولى من القرن الثامن عشر بدا علم الحيوان ، بشكل خاص ، كسلسلة من أوصاف الحيوانات أو كحكاية اخذت تزول بصورة تدريجية

لتحل محلها الملاحظات الدقيقة والاكثر جدية .

ويدل تكاثر المذكرات المخصصة للمنهجية اي للتصنيفات ، التي تهتم بمجمل المملكة الحيوانية أو المقصورة على صنف معين أو على رتبة معينة ، علـى الاهتمام ، من جانب جميع علماء الطبيعة ، في ترتيب هذا العالم الحيواني الكثير والمتنوع .

وكان المعلم الكبير في هذه المنهجية أو التنـظيم ليني Linné (1707-1778) ، الذي جـدد علم الحيوان ، وذلك بتمسكـه بوضـع تصنيف طبيعي (أو أقل اصـطناعـاً) يحترم التقـارب ، ويأخـذ في الاعتبار ، ليس الشكل الخارجي فقط بل التشريح الداخلي .

وقد اختيرت الطبعة العاشرة (1758) من كتاب ليني المسمى « النظام الطبيعي » حيث وصفت فيه 4370 نوعاً ، كنقطة انطلاق في التنظيم العصري ، كما اختيرت كمرجع لتطبيق الاسبقية في مـسائل الجدولة الدقيقة . والى ليني يدين علم الحيوان في أنه جعل ، بمثابة قانون الجدولة الاثنينية المطبقة على كل الكائنات الحية[1] .

قسم ليني المملكـة الحيوانيـة الى 6 طبقات محـددة وكبرى ، وفقـاً للصفات التشـريحية : ذوات الاربع ، الطيور والقوازب (كالضفادع) الاسماك ، الحشرات ، والدود .

في الطبعة العاشرة استبدل ليني كلمة اربعيات بكلمة ثدييات أو الحيوانات ذات الثـدي . وقد اعتمدت هذه التسمية سريعاً . وصنف الانسان ضمن الثدييات وكذلك الحوتيات والوطواط . وهكذا كان ليني Linné أول من قدم مفهوماً واضحاً لطبقة الثدييات .

وقـام كثـيرون من معـاصري ليني Linné بـوضـع تصنيفـات لا بـأس بصـلاحهـا ، من ذلـك أنـه في سلسلة مهمة من الكتب ومنها « النظام الطبيعي لعالم الحيوان » (مجلدان ، 1754 مترجم الى الفرنسية من قبـل م . ج . بريسـون M.J.Brisson) ، وضـع ج . ت . كلين J.T.Klein (1685-1759) تصنيفاً مصطنعاً لكل المملكة الحيوانية مؤسساً على الصفة الظاهريـة : وجود أو عـدم وجود ارجـل . والحيوانات ذات الارجل تقسم الى اربعيات أو اثنينيات أو متعددات الارجل . والحيوانات بدون ارجل تتضمن الزحفات أو الحيات ، والحيوانات ذات الزعانف ، والحيوانـات الشعاعيـة والحيوانـات ذات الشكـل غير الـطبيعي . واستمر هـذا التصنيف بشكل مصـطنع ، فـاصلاً مثـلاً الدببـة والقرود عن الثديـات الاخرى بسبب الاختلاف الموجود في ارجلها الخلفية وارجلها الامامية . أما الانسان فغائب عن هذا النظام . وادخل كلين تصحيحات متتالية على منهجيته في التصنيف ، ولكنه لم يراعِ مفهـوم النوع الذي سبق وحدده راي . وعدم واقعية مثل هذا التصنيف يثير العجب اليوم ولكن في زمن كلين

(1) انظر أيضاً الفصل الأوّل والفصل الخامس من هذا الكتاب .

Klein كانت اللهفة كبيرة لمعرفة الحيوانات بسهولة . ولهذا كان لنظامه أنصاره الذين دافعوا عنه .

واعتمد م . ج . بريسون M.J.Brisson في « جدول المملكة الحيوانية 1756 الصفات التي استخدمها ليني ، ولكنه عزل الانسان وأقر تسع طبقات من بينها طبقات الحوتيات ، والاسماك ذات الغضروف ، والقشريات . أما ج . ب . ابرهارد J.P. Eberhard ، فبعد عزل الانسان ، صنف الحيوانات ضمن مجموعتين بحسب ما إذا كانت تملك أو لا تملك أعضاء حس تشبه اعضاء الانسان . واعتمد ج . ف . بلومنباخ J.F.Blumenbach مع بعض التعديلات تصنيف ليني . وأخيراً احتج ج . هرمن J.Hermann ، في « جدول المقاربات البيولوجية » ضد تمثيل وعرض المملكة الحيوانية ضمن سلاسل خطية عامودية ، واقترح توزيعاً بحسب خطوط شبكة . ولاحظ أن شكل قسم من الجسد يحدد شكل الاقسام الاخرى ، فأوشك أن يتنبأ بقانون العلاقات الشكلية .

الجغرافيا الزوولوجية - إن الحيوانات في مجملها العائشة في منطقة معينة أخذت تبرز . مثلاً حيوانات الدانيمارك (و . ف . مولر O.F.Muller) ، حيوانات بريطانيا (ت . بينان 1776 T.Pennant) ، حيوانات فرنسا (بوشوز 1776, Buchoz) ، ايطاليا الشمالية (سكوبولي 1786 Scopoli) ، حيوانات النمسا السفلى (كرامر 1756 Kramer) ، حيوانات هنغاريا (سفريني 1779 Severini) حيوانات الدانوب وروافده (مرسيغلي 1726 Marsigli) ، حيوانات روسيا (ب . س . بالاس P.S.Pallas) ، الخ .

وكانت العلاقات بين حيوانات مختلف المناطق في العالم ، وتشابهها وتفارقها غير مدروسة بعد بشكل مبحثي . ولاحظ بوفون Buffon وهو يتفحص توزيع الحيوانات في العالم ، وجود عدة مراكز متميزة في الجماهير الحيوانية : أميركا الجنوبية ، أميركا الشمالية ، أفريقيا الوسطى ، الهند ، افريقيا الجنوبية ، آسيا الوسطى وآسيا الشمالية وأوروبا ، واستراليا . وكلّ من هذه المراكز له حيواناته الخاصة . وقد لاحظ بوفون Buffon ان حيوانات العالم الجديد اذا قورنت بحيوانات العالم القديم « تشكل كطبيعة موازية جانبية ، أو كمملكة حيوانية ثانية ، تتطابق في كل مكان تقريباً مع الأولى » . من خلال هذه الملاحظات الصحيحة حول توزيع الحيوانات انشأ بوفون علماً جديداً جمع فيه علم الحيوان الى الجغرافيا .

هذا التوزيع الجغرافي لفت انتباه علماء الطبيعة أمثال شريبر جملين وزمرمن Schreber, Gmelin et Zimmermann . وقد حاول هذا الاخيران يقارن بين مختلف انواع الثدييات (1778) ، فبحث عن أصلها وعن هجراتها الممكنة .

III - جدولة الحيوانات

بخلال القرن الثامن عشر امتدت الجدولة الحيوانية حتى شملت كل المملكة الحيوانية . وبعض المجموعات استلفتت الانتباه أكثر من غيرها : الحشرات ، والاسماك والطيور . وأدت المراقبة الدقيقة

لبعض الانواع الى استنتاجات لم تحتج الى إعادة النظر بها . ولكن مؤلفاً فيها ، يستدعي الاشارة الخاصة نظراً لاهميته .

التاريخ الطبيعي : بوفون ـ صمم بوفون وحقق ، يعاونه العديد من المساعدين مؤلفاً رياديًا : « التاريخ الطبيعي العام والخاص مع وصف لصالة الملك » وقد صدرت المجلدات الثلاثة الأولى من هذا الكتاب سنة 1749 فنالت اعجاب الجماهير بانشائها البراق وبأفكارها العامة . وأضيف الى المجلدات الست والثلاثين التي صدرت في حياة بوفون قبل 1789 والتي تعالج مواضيع الانسان ، وذوات الاربع والطيور واشباه المعادن ، ثمانية مجلدات نشرها لاسبيد Lacépède وتتناول ذوات البيوض والحيات والاسماك والحيتانيات ، والتوابع ، وقد أعدها علماء في الطبيعة متنوعون .

كان بوفون خصماً للبني ، فلم يعتبر التصنيف كهدف اساسي في العلوم الطبيعية : وصف اولاً الحيوانات المنزلية الاكثر مؤالفة ثم الأجناس المتوحشة مبتدئاً بالحيوانات المفيدة للانسان فأعطى لكل نوع وصفاً تفخيمياً خارجياً ، متمماً بوصف تشريحي وضعه دوبنتون Daubenton . وهكذا فسرت أسس علم الحيوان الحديث ، وبذات الوقت جمعت مواد علم تشريحي مقارن .

البرزويات أو واحديات الخلية ـ في القرن الثامن عشر عرف ليونهوك Leeuwenhoek ظهور حيوانات ميكروسكوبية انطلاقاً من النقع ومن هنا كلمة نقيعيات ادخلها ليدر مولر Ledermuller . واكتشف العديد من الانواع (ايكهورن Eichhorn 1775 ؛ سبالانزاني Spallanzani 1772) ، في حين نشر و . فبريسيوس O.Fabricius دراسة مهمة للدانماركي و . ف . مولر O.F.Muller حول نقيعيات المياه الحلوة والنقيعيات البحرية . ووصف آ . ترمبلي A.Trembley العديد من أنماط البوليب (المديخ) (فورتيسل، دردورة) ستونتور (قرد) واكتشف تكاثر الهدبيات وتكون المستعمرات بالانقسام .

كولنتري (مجوفات البطن) ـ في حين زعم ل . ف . مرسيغلي L.F. Marsigli ، مؤسس المختبر البحري في كاسيس Cassis 1706 ، زعم سنة 1725 أنه بين الطبيعة النباتية للمرجان ، كان الطبيب المرسيلي ج . آ . بيسونيل J.A. Peyssonnel ، أوّل من أكّد على طبيعتها الحيوانية 1727 . وامتدت مفاهيمه فيما بعد لتشمل كل « الأجسام الحجرية » ، عرق اللؤلؤ (مادريبور)، الميليبور ، ولكن تصوراته هذه لم تعتمد مباشرة ، دون أن ترفض في جميع الأحوال .

ومن جهته عرف آ . ترمبلي الطبيعة الحيوانية لهيدرات الماء الحلوة ، وحلل بنيتها وحركتها والوسط الذي تعيش فيه ، وغذاءها وأثر النور فيها وقدرتها على التوالد ، الخ . .

الدود ـ واسترعى الانتباه منشأ الدود المعوي يومئذٍ . وكان أغلب المؤلفين يعزون تكون هذا الدود الى الانسان الذي يأويه . وكانت أولى الكتب الوصفية حول الهلمنت (دودة معوية) قد نشرها ج . ا . ي . غويز J.A.E.Goéze 1782 ، وكانت ما تزال غامضة . واخترع و . ف . مولر كلمة « بلانير » (علقة ، دودة) ؛ وربط بهذه المجموعة النيمرتيسات التي كانت أول نوع منها قد وصف

سنة 1758 من قبل بورلاس Borlase .

الـدوارات والمكـورات ـ وبفضـل الميكـروسكـوب اكتشف ليـونهوك المكـورات التي سبق أن سماها ترمبلي بوليب ذات الدولابين ، والتي ناقش كُتّابٌ كُثُرٌ مـظهر دواليبهـا الدوارة . ووصف و . ف . مولر O.F.Muller حوالى 50 نوعاً منها .

الحزازيات وعضديات الأرجل (طوبيات من أشباه الديدان) :

كانت الحزازيات قد لوحظت منذ القرن 16 ، وأشار اليها غالتيري Gualtieri سنة 1742 . وتولى ج. اليس J. Elis وآ. ترمبلي A. Trembley وصف أنواعها المتعددة . أما عضديات الأرجل ، وقد سميت هكذا من قبل كوفيه Cuvier سنة 1802 ، بعد أن ظلت مدة طويلة ملتبسة مع الرخويات ، فقد تولى ب. س. بالاس سنة 1766 وصف أول نوع منها .

الرخويات ـ كان علم الصدفيات محترماً جداً . وقد سبقت دراسته دراسة الحيوان بالذات كما كانت موضوع نشرات مهمة : الصالة الجديدة لعلم الصدفيات المنهجي لمؤلفيه مارتيني وشامنيتز Martini et Chemnitz (11 مجلداً، 1769-1795) ؛ صحيفة نشرها ج . س . شروتـر J.S.Schroeter (12مجلداً 1774-1781) ؛ « القاموس الموسوعي حول الرخويات » وضعـه ج . ج بروغـير (1789) J.G.Bruguières فضلاً عن ذلك صنف ج . س . بـولي G.S.Poli الرخـويات سنـداً لاعضائهـا الحركية ، في حين قدم بالاس Pallas سنة 1768أفكاراً حول تصنيف الرخويات والحيوانات الدنيا . ونذكر أخيراً بالعمل العظيم الاستكشافي الذي قام به ريومور Réaumur في زوولوجيا عديمة الفقرات البحرية وذات المياه الحلوة .

الحشرات ـ أعلنت بعض الكتب الاصيلة التي نشرت في السنوات الاخيرة من القرن السابع عشر ازدهار علم الحشريات (الانتومولوجيا) في القرن الثامن عشر . فقد راقب فاليسنيري Vallisnieri نمو مختلف الحشرات (صياد النمل ، والنمس ، وقعشبان (حشرة شبيهة بالنملة) ، وكريوسيرة « الزنبق » الخ) في حين اهتم سلوان Sloane بالحشرات الاجنبية (1707) ، كما ان كتاب « مسـرح الحيوانات » لِـ ج. جونستون J.Jonston افسح مجالاً لعلم « الانتومولوجيا » . وبعد ان قدم ريني انطوان فرشوت دي ريومور René Antoine Ferchault (1683-1757) مساهماته المهمة في الترموتريا أو قياس الحرارة ، وفي صناعة المستحضرات الحديدية وفي البورسلين ، انصرف الى دراسة الحيوانات وخاصة الحشرات ، فراقبها بذكاء ملحوظ حتى أنه أسس حقاً علم العادات (ايثولوجيا) . واختار في كل نوع الاصناف التي تستحق أن تميز ، وعن طريق البحوث الـدقيقة والـواضحة قـام بتحليل دقيق لحياتها ولسلوكها ، مستبعداً كل لجوء الى الشهادات غير الموثوقة او الى الروايات الطريفة أو الى التصور الذي يجعل من الانسان هو المحور .

ومن سنة 1734 الى سنة 1742نشر ريومور المجلدات الستة من كتابه « مذكرات في خدمة تاريخ الحشرات » . وقد استكملت هذه المجلدات حديثاً بمجلدين آخرين نشرا سنداً لمخطوطاتـه . ورغم

إيمانه بأهمية المنهجة ، فإنه لم يحاول اقرارها ، بل وضع الهيكلية الاولى لاول تاريخ إيثولوجيا للحشرات متفحصاً غالبية الاصناف : اليرقات والفراشات، القرع وشبه القرع ، والارقة وأعداؤها ، جرب النباتات وحشراتها ، مزدوجات الجناح وغشائيات الجناح (وبصورة خاصة النحل) ، الزرازير .

وأثر ريومور Réaumur تأثيراً عميقاً ووجه بحوث العديد من علماء الطبيعة الذين أغراهم هذا العلم الجديد السلوكي . وتخصص ج . آ . بازين G.A.Bazin في التشريح وفي فيزيولوجيا اليرقات . واكتشف شارل بوني Ch.Bonnet فيما اكتشف التلقيح الذاتي لدى الأرقات (1740) ، ودرس ب . ليوني P.Lyonet نوع حياة ، وتحولات الحشرات في ضواحي لاهاي (1736الى 1745) ؛ ويدل كتابه « الدراسة التشريحية لليرقة التي تأكل خشب الصفصاف » (1760) ، على عمق ملاحظته وعلى أمانة نقله . وتابع السويدي دي جير De Geer عمل ريومور في المجلدات الـ 7من كتابه « مذكرات في خدمة دراسة الحشرات » (1752-1778) حيث تم وصف أكثر من 1500 صنف .

نذكر أخيراً بعض التصنيفات الانتومولوجية المرضية نوعاً ما والتي قدمها ش . ج . جابلونسكي Ch.G.Jablonsky ، وج . س ، فيريسيوس J.C.Fabricuis ، وج . اليجر J.Illiger ، ونشر أولى كتب الحيوانات الانتومولوجية الوطنية : في انكلترا والمانيا وفرنسا والسويد .

الفقريات ـ في القرن الـ 16 و 17كانت الاسماك موضوع العديد من الدراسات . ولكن في بداية القرن الثامن عشر وضع السويدي ب . آرتيدي P.Artedi ، الذي نشرت مخطوطاته سنة 1738 من قبل ليني ، الاسس الحقيقية لعلم الاسماك كما وضع جدولاً تصنيفياً ما يزال مستعملاً . وهناك دراسات أخرى مهمة تعود الى هـ . ل . دو هامل مونسو ، H.L.Duhamel du Monceau ، وآ . بروسوني A.Broussonet ، وم . ي . بلوخ M.E.Bloch ، وآ . ل . مونرو (1785) Al.Monro ، ولاسيباد Lacépède (التاريخ الطبيعي للاسماك ، 1798-1803) .

في حين كانت السمندلات Salamandres السقايات والضفادع بالتالي موضوع أعمال دوفي Dufay ، وروزل دي روزنهوف Roesel de Rosenhof ، قام ج. لورنتي J. Laurenti (1768) ولاسيبيد Lacépède (1788) يقترحان تصنيفات جديدة للزواحف .

وقد ازدهرت دراسة الطيور نوعاً ما . وتولى الالماني لـ . فريش L.Frisch وصف العديد من الطيور في أوروبا الوسطى والمانيا . وقدم ب هـ . ج موهرنغ P.H.G.Moehring (آفيون جنيْرا 1752) وم . ج بريسون M.J.Brisson (1760) تصنيفات جديدة، منها « اورنيتولوجيا = مبحث علم الطيور » لهذا الاخير . وهذا المؤلف افاد من بحوث ريومور ، ومن المواد التي جمعها منذ 1740 ومن اللوحات التي أمر بحفرها . وبعد تحويل مجموعة ريومور الى بستان الملك في باريس استخدمت أيضاً في اعداد كتاب بوفون .

وجرت محاولات تصنيف مصطنعة نوعاً ما للثدييات من قبل ج . س . شريبر J.C.Schreber ، وت . بينان T.Pennant (1771) ج . س ، ستو G.C.Stow (1780)واتيان

جيوفروا سان هيلير Et. Géoffroy Saint-Hilaire وكوفيه Cuvier . فضلاً عن ذلك درست أنماط خاصة من الثدييات لأول مرة . ووصفت أحاديات المسلك ، والنضناض وخلديات الماء من قبل شو Schaw (1799) ، في حين كانت الجرابيات موضوع عمل مشترك من قبل اتيان جيوفروا سان هيلير Et. Geoffroy Saint Hilaire (1796) . وكان الموضع المنهجي للحوتيات والسيرينيات (حيوانات لبونة) موضوع العديد من المناقشات .

وأخيراً نشير الى الدراسة الممتازة المخصصة للقواضم من قبل ب س . بالاس (1778) .

الانسان ـ حاول بوفون في « التاريخ الطبيعي للانسان » (1749) ان يثبت وحدة الانسان . وقد اعترف بأربعة أجناس : الاوروبي ، والاثيوبي (الحبشي) ، والمغولي ، والاميركي . واعتبر أن« الانسان الابيض في أوروبا ، والاسود في افريقيا ، والاصفر في آسيا ، والاحمر في أميركا ، ليس إلا إنساناً واحداً لوَّنهُ المناخ » . وتنتج التنوعات البشرية من تفاعل ثلاثة عوامل : المناخ ، التغذية ، وأسلوب المعيشة ، وفي حين نشر ب.س . بالاس دراسة مفصلة عن العرق المغولي ، اعتبر ف بلومنباخ ، سنة 1775 ، الاعراق البشرية تنوعات من جنس وحيد . والاهمية التي أعطاها للجمجمة جعلت منه احد طليعيي علم الجماجم العرقية . وفي حين اعتبر بالاس في تصنيفه (1779) ان الانسان هو فاتحة طبقة الثدييات ، اعتبر م . ج.بريسون وت.بينان ، أن الانسان يشكل طبقة على حدة .

وشبه ب كامبر P.Camper تشريح الاوران ـ اوتان Orang-Outan بتشريح الانسان . واجرى قياسات جمجمية واكتشف أهمية الزاوية الوجهية في مختلف الاعراق البشرية . وأخيراً ، وفي سنة 1795 ، لخص س . ف لودويغ C.F.Ludwig التاريخ الطبيعي عند الانسان ، كما ظهر في أواخر القرن 18 .

في القرن 18 ، كانت نهضة الزوولوجيا(علم الحيوان) بارزة : لقد تحسنت معرفة الانواع الحيوانية في حين اخذت ترتسم توجهات جديدة ، تفتحت في القرن اللاحق .

وكان الميل الى التاريخ الطبيعي كثير الانتشار . فكان الناس معجبين بالطبيعة ، وبجمالها ، وصنعتها وفائدتها وفتنت بعض الأعمال الناس بشكل خاص مثل « مشهد الطبيعة » للاباتي ن . آ . بلوش N.A..Pluche (1732)، و« مذكرات » ريومور Réaumur ، و« التاريخ الطبيعي » لبوفون Buffon . وزيادة على قيمته الجمالية ، اعطى البعض للتاريخ الطبيعي قيمة دينية : من هؤلاء الفيلسوف ج . ج سولزر J.G.Sulzer ، الذي كرس كتاباً لجمالات الطبيعة ، والراعي ف . ش لسّر F.C.Lesser ، مؤلف كتاب « علم الحشرات » (1735-1738) وكتاب « نستاسيو ـ تيولوجي » (1744) ، ومؤلفون آخرون بحثوا في التأملات الدينية حول الطيور (ج . هـ . زورن 1742, J.H. Zorn) ، أو حول الأسماك ج . ج . أوهنفلشريختر 1734,J.G.Ohnefalschrichter)، الخ .

الفصل الخامس :
علم النبات

في علم النبات قلّما كان القرن 18 الا تطويراً للقرن السابق . فقد وجد فيه ازدهار كامل ـ اذا وضع التشريح جانباً ،حيث برز تعب، اكيد ـ للمجالات العلمية الكبرى التي رأيناها تتجسد : علم التصنيف ، الفيزيولوجيا ، البيولوجيا الجنسية (= علم الاحياء) . وهي لم تنتشر فيه وتتقدم بخطوات الجبابرة . وإذا كانت الاصالة غير متوفرة في المواضيع وفي المناهج ، فإنها تتوجد في الأهمية المعطاة في تنفيذ هذه المناهج ، وفي الاكتشافات التي أدت اليها وربما أكثر من ذلك أيضاً في تجديد المفاهيم . إن عصر ليبنز Leibniz ونيوتن Newton ليس هو بالتأكيد وراء عصر ديكارت من حيث جرأة الفكر ولكنه أكثر تعقيداً . من هنا ظهور التناقضات العميقة والخصبة حيث ظهرت إقامة أو ـ في حال عدم وجودها ـ مجرد محاولات للتعريف ببعض المفاهيم أو النظريات ذات الأهمية الرئيسية مثل مفاهيم النوع والوراثة والتحولية والبيولوجيا ، أو حتى الانتقاء الطبيعي أو وحدة الخلية (ش . ف . وولف C.F.Wolff) .

وكان جهد هذه الحقبة هو جهد توضيحي عام فيما يتعلق بفهم الطبيعة : لقد سعى هذا الجهد الى « وضع » اسس عامة للبيولوجيا . وفي هذا العصر المحوري ازدوجت الحركة الديكارتية ، سائرة بالتوازي مع ما تبقى من الحركة الذرية القديمة ، وتداخلت مع فكرة جديدة : لقد كان ليبنيز Leibniz مؤثراً باستمرار في كل القرن ، وبصورة خاصة بفعله اتسمت بعض الانشقاقات مع البيولوجيا الديكارتية ، جالبة الاغتناء الحاسم وكذلك التراجع بآن واحد .

وشارك علماء النبات مشاركة ناشطة بالبحوث الكبرى في تلك الحقبة : وكان الكثيرون منهم ، البعيدين بهذا الشأن عن أمثال بوفون Buffon او أدانسون Adanson ، من رجال الدين أو من المتدينين العميقين (هالس Hales ، ليني ، آل جوسيو ، بريستلي ، كولروتر ، سبرنغل ، بوني Bonnet ، وسيبييه Senebier الخ) ، ولكنهم جميعاً انقادوا طائعين وراء البحث الايجابي ، وأحياناً أبعد من كل ترو . فقد كانوا (أي علماء النبات) واثقين من العلم ، ولذا كانوا يطلبون منه أن يثبت إيمانهم أو فلسفتهم ، حتى ولو على حساب التسويات التي لا حدود لها فيما يتعلق بالتيولوجيا أو بالمبادىء التي يؤمنون بها .

والمؤرخون اليوم متفقون عموماً : فالمفاهيم المشجوبة اليوم ، في أشكالها الموجزة ، مثل مفاهيم الثبوتية ، وسبق التكون والحيوية ، والغائية ، كانت في أغلب الاحيان ، في إطار القرن الـ 18 ، تقريبات ضرورية من الحقيقة ، كما كانت خميرة تقدم مهم . كتب هوسكين Hoskin 1961 « في معرض الكلام عن هالس : العلم هو مهنة دينية ، وفي كتاب « فيجيتابل ستاتيكس » انتباهنا مشدود دائماً نحو ما كان هالس يراه كمقصد وغاية للطبيعة.» « ليمجدك كل ما خلقت من البداية الى النهاية » كتب ليني ، ابن القسّ ، متوجهاً إلى الله ، ولكن كتابه ، هل يمكن أن يكون شيئاً آخر إلا قاعدة لثبوتية راسخة لا تتزعزع ؟ . . .

ولانه كان مؤمناً ، وكان يعتقد بعمق بالتناسق المقرر سابقاً ، في حين أن فكرة الاصطفاء الطبيعي ليست عملياً ، حتى ذلك الحين واردة ، الامر الذي حمل سبرنجل Sprengel على كتابة واحدة من أتقى تحف الادب النباتي . ولانه متمسك ، مثل هالر مواطنه العظيم السويسري ، من اجل سبق التشكل ، وهو مفهوم ضروري قبل مفهوم النظرية الخلوية ، أكرر لانه متمسك بهذا رفض الراعي فوشر Vaucher الخلق الفجائي في مملكة الالفيات بحيث استطاع أن يقرر وجود التنامل الجنسي لدى هذه الكائنات . وإذا كان لامارك Lamarck قد تجاوز بوفون Buffonفلان فكرة حيوية (بمعنى من المعاني) تتلائم بصورة أفضل ، في أواخر القرن الـ 18 ، من المادية الميكانيكية في محاولة لفهم الاشكال العضوية وعلاقاتها .

لا شك ان سيجيسبك Seegesbeck (1737) يغطي وجهه تجاه فكرة غزارة اللقاح بالنسبة الى عدد البويضات ولا يمكنه أن يعتقد أن مثل هذه الاباحة المشينة يمكن أن تكون من صنع الكلي القدرة (راجع ر . ش . اولبي R.C.Olby ، اصل المندلية ، نسبة الى مندل ، 1966) . ولكن المؤلفين الكبار لم يكن لديهم مثل هذا الحرج ، فلم يشكل الله بالنسبة اليهم اية عقبة . كان ليني يؤمن بالخلق الحالي للانواع الزائلة . وفي نظره يسمح الله للطبيعة بأن تلعب . وكان يقبل أيضاً بنظرية نصف تطورية قائمة على نوع من التخصيص في التزاوج . وهذه النظرية كذبتها بحوالي 1765 ، الاعمال النباتية التي قام بها كولروتر Kolreuter ، إضافة الى أعمال بوفون حول التهجين في الحيوانات : إن التلاقي لا يؤدي إلا الى عقم المهجنات .

ويذكر هنا ، كأمر ملفت تماماً ، مسار الافكار بالذات ، فيما هي فيه من تناقض . وعند البحث ، بقصد التصنيف من أجل وضع تعريف للنوع ، وبعد التوصل في هذا الشأن الى استخلاص فكرة التناسل كمعيار اساسي يعتبر القرن الـ 18 مرحلة ، ولكنه يحرم نفسه بذات الوقت من إمكانية فهم للعلاقات الحقيقية القائمة بين الكائنات الحية وهذا الفهم للنوع اقتضى يومئذ ، رفض التحولية بالفعل (راي ، بوفون ، كولروتر ، بالاس ، . . . Ray, Buffon, Kolreuter, Pallas) ـ وضع اتخذه ايضاً أدانسون Adanson بعد 1763 . يقول كولروتر Kolreuterاي ابهام وأي غموض إذا أمكن خلق أنواع ، على الهوى والمشيئة ، عن طريق التهجين .

وبعد راي بقرن من الزمن ، إنما بعد رفض كل التصنيفات بأنواعها حتى فكرة النوع ، ثبت

لامارك التغيرية . والتناقض لن يحل الا مع داروين الذي عرف كيف يبعث فكرتي النوع والتحولية ، كما اخذ منها الاستكمالية الضرورية . ولكن فاته التكامل في فكرة الوراثة الجزيئية التي وضعها موبرتوي Maupertuis . وطيلة القرن الـ 18 الذي كان يعتبر كبؤرة للبيولوجيا انبثقت الافكار وتصادمت ، وتكاثرت الأعمال وكذلك المشاكل تحددت ضمن الفوضى.والتناقضات ذات الاصول الكبرى . ولكن كيف يمكن ضمن هذا الابداع اللاواعي والعظيم ، إجراء مسح في ما يعود الى علماء النبات من جهة وإلى علماء الحيوان من جهة اخرى ، وحتى الى الفيزيائيين والكيميائيين عندما كانوا في أغلب الاحيان من أمثال هالس وليني وهالر ولامارك علماء نباتيين كاملين ، بل وأحياناً مفكرين وفلاسفة أو شعراء (هالر) ؟ .

لقد وضع القرن الـ 17 تصميماً لعلم مشترك بين النبات والحيوان . وتخصص القرن الـ 18بهذا الشأن الى درجة ـ مع إعطائه ، مع بوفون أبعاده الزمنية ـ أخذ معها الأمر بالفعل مداه وحصل على اسمه . إنه في القرن الـ 18 تكونت بنية المعرفة البيولوجية .

I ـ علم المنهجية

ليني والتصنيف العائد إليه ـ سيطر اسم السويدي شارل ليني (كارل ليناوس Carl Linnaeus = كارل فون ليني 1778-1707, Carl Von Linné) على كل تاريخ علم النبات في القرن الـ 18 . كان والد ليني راعياً بروتستنتياً ، ودرس ليني الطب في مدينة لاند أولاً ، ثم في أبسال . وكان موهوباً بعبقرية تجريدية خالصة ومبكرة ودقيقة بشكل فريد . وقد انصرف منذ 1729 الى هوايته الناشئة هواية التاريخ الطبيعي وبصورة خاصة علم النبات . وكان وسيبقى فناناً وجمالياً ومتعصباً للمعرفة المجردة . وكان يرى العالم كعطاء مدهش يتوجب تأمله ، ولكنه لا يكشف عن نفسه ، في عزمه العجيب إلا بعد بذل الوقت والانتباه : من هنا الحاجة الى تسمية الاشياء ووصفها ، ومن أجل الوصول الى ذلك لا بد من ترتيبها : من هنا الضخامة التي لا مثيل لها في هواية ليني للتصنيف . إننا نعلم أنه انطلق من سيزالبينو Cesalpino ومن جون راي ومن تورنفور Tournefortوأدعى ساش Sachs وآخرون ان ليني بعقليته المدرسية لم يكن يستطيع فتح أي منظور على العلم الحديث . وهذا صحيح . ولكنه كتب ، مع ذلك ، كتاباً يبقى كأحد المعالم الاكثر وزناً في الفكر الابداعي ، الفكر الذي بقي مهماً حتى القرن الـ 19 .

لقد نشر ليني الكثير . فعدا عن كتابه الشهير « النظام الطبيعي » (1735) ، والكتب الاساسية وهي : « أساس البوتانيك » (1736) ، « طبقات النباتات » (1738) ، « الفلسفة النباتية » (1751)، يجب أن نذكر أيضاً : « المكتبة النباتية » (1736) ، « الانتقاد النباتي » (1737) ، « طبقات النباتات » (1737) (طبعة خامسة سنة 1754) ، هورتوس كليفورتيانوس (1738)« أنواع النباتات » (1753) ، « امونيتات أكاديميكا » (1749-1769) .

قبل أن يكتب ليني سافر كثيراً . فمنذ كان عمره خمساً وعشرين سنة سافر الى لابوني على الخيل . وكانت رحلة لا تنتسى تركت لنا ، عدا عن قصة ، كتاباً جيلاً جداً « فلورا لابونيكا » (1737) . وبعد أن اجتاز المانيا ، بعد 1735 ، عاش في هولندا حيث التقى المشرع القانوني كليفورد ، وبعض كبار علماء الطبيعة أمثال : ج . ف . غرونوفيوس J.F.Gronovius ، مؤلف ـ مع جان كليتون J. Cloyton (1694-1773) ـ « فلورا فيرجينيكا » (1739, 1743-1762) ، وهرمان بورهاف Hermann Boerhaave الذي حسن الوصفات النوعية لتورنفور ورجع ليني الى السويد سنة 1738 ، ولكنه قطع انكلترا وفرنسا ، واتصل بالطبيعيين الاكثر شهرة : ج . د . ديلن J.D.Dillen ، وسيرهانس سلوان Sir Hans Sloane ، والاخوين انطوان وبرنار دي جوسيو Bernard et Antoine Jussieu .

ووصل درس كاميراريوس المدهش ، حول تزاوج النباتات الى ليني Linné الشاب بواسطة مذكرة س . فايان S.Vaillant (1717) ، تلميذ تورنفور Tournefort في بستان النباتات في باريس . وتفاعل الدرس في نفسه في الحال ، وكان نوعاً من العجيبة ، بدون شك : لقد ولد النظام الجنسي . وفي كتاب « نظام الطبيعة » (1735) عرض ليني Linnéمبادىء أسلوب التصنيف الذي قرر ان يعتمده ، فكان هناك مجرد تصميم من حوالى عشر صفحات ، ولكنه طبع اثنتي عشرة طبعة متتالية كان آخرها ، في أربعة مجلدات (1766-1788) ترجم الى عدة لغات .

وارتكزت المنهجية ، المسماة النظام الجنسي ، على عدد السُدات (الإيتامينات Etamines) (وحيد السداة أو الاسدية . . . متعددية الاسدية) ، وعلى نسبتها الى بعضها (وحيدة الحزمة ثنائية . . متعددة الحزمات) وكذلك على نمط الجنسانية : نباتات ذات زهرات خنثوية أو وحيدة الزوج او ثنائية أو متعددة الازواج ، أو ذات جنسانية خفية ومجهولة . ولم يتدخل عدد البويضات الا بصورة ثانوية (وحيدة البيضة ثنائيتها . . .) .

وهذا الاسلوب مصور في ترسيم مدهش ، يؤدي الى الاعتراف السهل ، 24 طبقة مقسومة الى اسلاك أو أصناف . وهو على علاته ، سلب اعجاب علماء النبات في ذلك الوقت الذين كانوا قد أنقسموا بين معجب ، مثل العديد من طلاب ليني (هاسل كيست ، تورن ، أوسبك ، لوفلن ، تنبرغ ، فورسكال ، صولندر ، غليدش ، الخ Hasselquist, Torén, Osbeck, Loefling, Thunberg, Forsskal, Solander, Gleditsch) . او الى خصوم أمثال (سيجسبك ، لودوغ ، ج . س . فبريسيوس ، هيستر ، سكوبولي ، وهالر Siegesbeck, Ludwig, J.C.Fabricius, Heister, Scopoli et Haller) . كما ان هذا الاسلوب اعطى ليني Linné شهرة ضخمة أتاحت له أن يفرض اصلاحاً جديداً ، أكثر أهمية ، وبموجبه يتوجب على كل الكائنات الحية بعد ذلك أن تعين باسم يدل على نوعها ، وعلى صفة هو الجنس : والكل باللغة اللاتينية . وإذا كان تصنيف ليني قد ترك ، فإن جدوله الاحصائي قد فرض نفسه بصورة تدريجية وما يزال معتمداً عالمياً .

فضلاً عن ذلك توصل ليني ، بفضل حرصه على تمييز الزهرة وتسميتها بالاستعانة بصفات

مأخوذة منها، استطاع أن يُغني بشكل ضخم، وأن يحدد المعجمية التقنية لصنافة النبات . وهكذا اعتبر أكبر مصلح في علم تسمية الأزهار وفن الوصف .

لهذه الاسباب جميعاً ، عرف ليني المجد في حياته ، فأعطى لقب النبالة من قبل ملك السويد ودفن عند موته الى جانب الملوك في كاتدرائية ابسال .

كان في التصنيف السائد في القرن السابع عشر وخاصة عند تورنفور Tournefort ازدواجية نشأت عنها الحركتان الكبريان في القرن الثامن عشر : الحركة الاولى وبلغت ذروتها عند ليني Linné ، والثانية عند الأخوين جوسيو Jussieu وعند أدانسون Adanson . بالنسبة الى هؤلاء الأخيرين تعتبر الطريقة او الاسلوب من فعل الطبيعة ولذا فهي واحدة وموضوعية . أما ليني فيراها وسيلة يصنعها الانسان : إنها وسيلة تتيح معرفة وتسمية الانواع والاجناس . وقد نجح ليني Linné في المهمة الصعبة فوضع طريقة هي الابسط والاوضح والأنفع التي يمكن تصورها . وهذه الطريقة أسسها على تصور لا يعطي ، خيارياً ، أي مكان للتسلسلية الطبيعية فوق مستوى النوع ، إنها طريقة مصطنعة خالصة ، وهي تمثل تراجعاً ضخماً ، ولكن في اللحظة التي تدفقت فيها من كل صوب المجموعات الجديدة ، انقذت طريقة ليني علم النبات من الوقوع في الإبهام . فضلاً عن ذلك لقد بينت بطلان البحث عن أنظمة مصطنعة . وقد حارب ادانسون ، وهو المتلاعب القدير المدهش بالصفات ، ليني بدون هوادة ولكنه عرف أيضاً كيف يستفيد تماماً من درس المأزق الليني .

ومن خلال النظام الجنسي ، وبعد أن خلق بشكل خاص طبقة الكريبتوغان أو النباتات بدون أزهار ظاهرة مثل البقليات (خنشار ، طحالب ، فطر) ، قدم ليني ، نوعاً ما نظرية حول الجنسانية النباتية معممة . لقد تجسدت فرضية الجنسانية العامة للكائنات الحية : وهي سوف تكون خصبة الى أقصى الحدود (هدويغ Hedwig ، وفوشر Vaucher الخ) .

ربما كانت هي الحكمة ـ ما لم تكن الجنون ـ والعبقرية متحدتين هما اللذان صنعا الصنيع الليني العظيم والزائل بآنٍ واحد . ولكن ليني كان بعيداً عن سوء الفهم ، فعرف الرسالة المزدوجة ، رسالة تورنفور : فحاول أيضاً أن يضع الطريقة الطبيعية . ومنذ 1738 (اجزاء الطريقة الطبيعية) ، ميز 65 مجموعة . وصمم (الفلسفة النباتية 1751) تصوراً عاماً للمملكة النباتية مقسومة الى ثلاث طبقات : عديم الفلقة ، وحيد الفلقة متعدد الفلقات . وكان هذا هو أساس أعمال آل جوسيو Jussieu .

برنار وآ ـ ل . دي جوسيو Bernard et A.L de Jussieu ، ادانسون Adanson والتصنيف الطبيعي ـ تقاسم النباتيون الفرنسيون ادانسون وال جوسيو Adanson et Les Jussieu مجد وضع الاسس لهذا التصنيف الطبيعي الذي اراد ليني تحقيقه بنفسه .

وعائلة جوسيو التي تمثل بخمسة أشخاص مشهورين هم : انطوان وبرنار وانطوان ـ لوران وجوزيف وادريان Antoine, Bernard, Antoine-Laurent, Joseph et Adrien ، قدمت للمنهجية أكبر الخدمات . وقد ربط برنار دي جوسيو (1699-1777) ، بصورة خاصة اسمه بهذه

المنهجية . فقد كان مساعداً للدليل في بستان الملك، وقضى هذا العالم المتواضع ذو المزاج التاملي ، ساعات طويلة صامتاً في غرفة عمله برفقة ابن اخيه انطوان لوران . وبعد أن كلفه الملك لويس الخامس عشر أن يغرس بستاناً في قصر بوتي تريانون، اعتمد لاول مرة ترتيباً طبيعياً في التصنيف . ونحن قلما نملك عنه غير ثلاث نشرات : الأولى حول الحبّانيات ، والثانية حول أزهار « لمنا » والثالثة والأخيرة تؤكد الطبيعة الحيوانية لزوانتير التي كشفها من قريب بيسونيل Peyssonnel .

إن انطوان لوران دي جوسيو (1748-1836) هو الذي نجح مع ادانسون مبدأ التصنيف الطبيعي . وطبقه لأول مرة ، سنة 1779 ، « في فحص أسرة الحوذان Renoncules » ، وفيه بين أنه ، رغم فوارق الشكل والبنية والتناظر التي يمكن لحظها بين ازهار مختلف أشكال هذه الاسرة ، هناك صفات مشتركة تتوافق مع روابط القربة ، وتتيح ربطها بنفس العائلة الطبيعية . وقد عرض الخطوط الكبرى لهذا التصنيف ، سنة 1789 في كتابه « نجنرا بلنتاروم » : وميز فيه 3أقسام ، بدون فلقة بفلقة واحدة وبفلقتين . والنوعان الاخيران قسما على التوالي الى 3 والى 11مرتبة بحسب موقع الأسدية بالنسبة الى المبيضات (وحيدة الفلقة ، وثنائية الفلقة تحت مأنثية ، محيطية وعلوية) أو ، في ثنائية الفلقات وحدها ، وفقاً لسمات مأخوذة من التويج (بدون بتلة ، وحيدة البتلات متعددة البتلات ؛ تويج تحت مأنثي ، محيطي أو علوي) .

وعرف جوسيو حوالي مئة عائلة ما تزال مقبولة حتى اليوم وأكثر من نصفها لم تتغير بعد ذلك . واصبح استاذاً في الموزيوم (المتحف) سنة 1793 فأمضى أواخر سني حياته في استكمال عمله[1] .

وكان اسلوب جوسيو ، ومهما كانت متأخرة المبادىء المسبقة التي ارتكز عليها لتبريره ، فإن هذا الاسلوب او هذه الطريقة ادخلت بعداً . فقد أضاف الى مفهوم النوع والجنس الطبيعيين ، المقررين نهائياً من قبل ليني ، مفهوم العائلة الطبيعية (بفضل ماغنول) ، وحتى مفهوم الاقسام العليا المرتكزة على بنية الحبوب ، وهو مفهوم قدمه راي . ومن التسلسل المعروض بهذا الشكل استخرج مفهوم التقدم في التنظيم وهو مفهوم سيكون اساسياً في عمل لامارك Lamarck .

وبذات الوقت شغل البحث عن طريقة طبيعية تلميذاً لبرنار جوسيو هو ميشال ادانسون (1727-1806)إنما باتجاه مختلف تماماً. كان أدانسون تلميذاً لتورنفور ولبوفون فشهّر بصناع الأنظمة

(1) خلف انطوان دي جوسيو Antoine de Jussieu (1686-1758) وهو الأخ البكر لبرنار ، تورنفور في بستان الملك . ونشر ما حصل عليه ب . باريلي P. Barrelier ، وكذلك العمل الفرنسي الأول حول علم المتحجرات النباتية المتعلقة في بصمات النبتات الملاحظة في سان شامون . وقد اهتم أيضاً بالنباتات الأجنبية ، وخاصة بشجرة البن . وكان أخوه الذي يليه جوزيف (1704-1779) قد عاش طويلاً في أميركا الجنوبية حيث درس نباتاتها . وأخيراً أصبح ادريان دي جوسيو (1797-1853) هو حفيد السابقين ، أستاذاً مثلهم في المتحف ونشر عدة دراسات خاصة عن العائلات النباتية .

المصطنعة وعلى رأسهم ليني ، وطمح الى أن يضع النظام الكوني الوحيد اي النظام الموضوعي ، نظام الطبيعة . وبعكس جوسيو الذي كان يدعو « الى وزن والى حساب الصفات » كان ادانسون يقول إن على الطبيعة ، إذ أمكن القول أن تقدم خطتها بنفسها .

إن المصنف يجب أن يعرض عن الطريقة التجريدية ويجب بحسب رأيه أن يكتفي بالتدوين . ولكي يتوصل الى ذلك هناك وصفة وحيدة : التوجه الى كل الصفات ، ثم النظر فيها ، عند الانطلاق وكأنها ذات دلالة متساوية

ولم يصل احد بالرغبة في الموضوعية الى هذا الحد . وبهذا الاسلوب فتح ادانسون طريقة تصنيفية لم يزاولها احدٌ ولن تتطور الا بعد قرنين . وقبل الوصول الى هذا المفهوم ، المعروض في كتابه الشهير « عائلات النباتات» سنة 1763 ، وضع ادانسون بنفسه العديد من الانظمة : 25 نظاماً قبل أن يبلغ الـ 20 سنة ، وأثناء إقامة طويلة في السنغال (1749-1754) ، وقبل أن يختتي جدول النباتات الاستوائية بهذا الشكل المسرف ، تحقق ادانسون من عدم جدوى الانظمة . ومع ذلك فقد بدت ممارسة استخدام وضع هذه الانظمة ، مرحلة ضرورية ، ليس فقط على الصعيد العملي بل أيضاً ضمن إطار التطور المنهجي . وقد برر أدانسون نفسه هذه الانظمة ، وذلك بمقدار ما تتيح ، اذا اخذت بمجملها ، إبراز التبعية ، وعلاقات السمات. كتب يقول : « إن مجموعها يعطي كل العلاقات الموجودة والملحوظة بين كل أقسام النباتات ، وهي علاقات تكونت منها عائلاتنا الـ 58» . والفكرة الجديدة جداً ، فكرة التصنيف الموضوعي التي سبقت الطرق الالكترونية الحديثة والتي تتعارض مع وجهات نظر جوسيو ، تنطلق من مرحلة الانظمة الشخصية الذاتية .

والواقع أن جوسيو وأدانسون، رغم اختلاف مبادئهما ، قد انضما عملياً لكي يضعا ، في أغلب الاحيان ضد هذه المبادىء تصنيفاً قوياً مرتكزاً بآنٍ واحد على الحس السليم وعلى معرفة عميقة بالنباتات . من هذه القاعدة انطلق آ . ب . دي كوندول A.P.de Condolle سنة 1805 ور . براون R.Brown سنة 1810 .

وعلى الصعيد النظري لم تكن أعمال جوسيو وادانسون الجميلة جداً الا فشلاً . فالمؤلفان قد لمسا باليد ، وفي أعلى درجات النضج ، الثمرة الشهيرة التي شاهدها بوفون : وهي الطبيعة الجنسية أو النوعية لعلاقات التصنيف . أما هما ، من وراء الستار التصوري للتمثل الارسطي ، فلم يفهماها .

أعمال أخرى ـ لقد بدا ر. ل. ديفونتين R.L.Desfontaines 1750-1833 ، وهو يتابع تصنيف تورنفور ، متأخراً عن عصره ، ولكنه بعد أن عين سنة 1786 استاذاً في بستان الملك ، أخذ يكون جدول الأعشاب الشهير في المتحف، وذلك بسحب نسخة عن كل الكتب الخاصة ، وهو عمل ضخم ساهم في تقدم المنهجية . ودرس ديفونتين « تنظيم الوحيدة الفلقة » 1798 . ونشر «تاريخاً للأشجار وللشجيرات التي يمكن غرسها في جمام الأرض من تربة فرنسا » .

وفي حين نشر ف . بواسيه دي سوفاج F.Boissier de Sauvages ، سنة 1751 تصنيفاً

للنباتات سندا للشكل ولترتيب الاوراق ، درس تلميذه آ . غوان A.Gouan التشابه والتفارق بين الحيوانات والنباتات ، وقدم تفسيراً لنظام ليني . وعمق وارث بروتل Brutelle منهجية النباتات الاجنبية وقدم عدة أوصاف لبعض الأنواع . ووِرد في الكتاب العظيم « التاريخ الطبيعي لنبتة الفريز» 1766 الذي ألفه ن . دوشين N.Duchesneوصف لاحد اوائل امثلة النقل أو التحول : فراغاريا مونوفيلا ، كما نجد ملاحظات صحيحة حول تغير الانواع .

وفي المانيا اوجد ج . غارتنر J.Gartner حقاً علم الثمار وهو يدرس أكثر من 1000ثمرة في كتابه فروكتي بوس سيميني بوس بلنتاروم 1789 – 1794 . في حين ان ج . بوس G.Bose تولى سنة 1733 الدفاع عن تورنفور ، وجهد ش . نوت C.Knaut ان يغير نظام ريفن Rivin ، الذي اعتمده لودويغ Ludwing ، في حين حاول ج . كرامر G. Kramer ان يوفق بين الطريقتين ، كما نشر غليديتش Gleditsch « نظامه النباتي » . . . (1764)الذي استخدمه آ . ل . دي جوسيو .

نشير ايضاً الى مؤلفين ممتازين : ايقونات بلنتاريوم لـ ش . شميدل C.Schmiedel و« النباتات المختارة » لاهرت d'Ehret . ونذكر أخيراً أن بوركهارد Burckhard بين في كتاب له الى ليبنيز Leibniz ـ ظهر سنة 1750 على يد ل . هستر L.Heister ـ بين قبل ليني Linnéان ترتيب الاسدية والمدقة يتيح تصنيف النباتات بسهولة . في حين قام برادلي Bradley في انكلترا بدرس النباتات الذهنية ، كما درس اليس Ellis النباتات الأجنبية . وفي النمسا درس ن. كرانتز N.Crantz وج . شريبر J.Schréber وس . ميلر S.Miller ، دراسة تفصيلية عدة عائلات نباتية والعديد من أنماط الزهور . واهتم الهولندي آ. فون رون وج. دي وشندورف A.Van Royen et J.de Wachendorff بالطرق التصنيفية . وبدت السويد بفضل ليني وتلامذته العديدين ـ وبصورة خاصة ب . ارتيدي P.Artedi الذي صنف الصيوانيات سن أطواقها ـ وكأنها موطن المنهجية .

أما علم النبات السويسري ، الذي سيطرت عليه شخصية البير فون هالر Albert Von Haller ، فقد عرف ممثلين عظاماً من أمثال ج. شوزر J. Scheuchzer مؤلف أول كتاب عن علم النبات ألاحفوري (هرباريون دي فيانون) (1734) ، وج. كونيغ J.Konig وج. جسنر J.Gesner الخ . في إيطاليا في حين كان ب. ميشلي P.Micheli يدرس عصيفة النجيليات ، كان سكوبولي Scopoli في كتابه فلورا كارينوليكا 1772 يدرس التغيرات الطارئة على النباتات التي تعيش في وسط المغاور . وانتشر حب البوتانيك في اسبانيا بفضل ش. غومزا ورتيغا C. Gomez Ortega والاباتي كافانيل Cavanilles مؤسس حوليات التاريخ الطبيعي ، والذي اهتم جداً بإحصاء النباتات وتعدادها .

النباتات ـ تمت دراسة نباتات مختلف البلدان الاوروبية بشكل ضخم .

في فرنسا درست نباتات منطقة باريس من قبل ج . غتار J.Guettard الذي نشر سنة 1747 كتاباً بعنوان « ملاحظات حول نباتات » منطقة ايتونب وارليان ، وكذلك ب . بولياد P.Bulliard الذي نشر عدا عن كتابه نباتات باريس 1774 كتاباً عن اعشاب فرنسا وكتاب « تاريخ النباتات المشبوهة والسامة 1794» .

والعديد من الكتب الاخرى خصصت لنباتات الاقاليم المختلفة : نانت (بونامي Bonami) ، لوران (ماركت بوشوز Marquet Buchoz) ، اوفرنيا (ديلاربر Delarbre) ؛ البيرنيه (الاباتي بوري Pourret) ؛ الدوفيني (فيلار Villars) ؛ مونبليه (غوان Gouan) الخ .

ونشر العديد من كاتالوغات النباتات الوطنية ، في انكلترا من قبل ج . هيل وج . ادوار وج ، سميث و و . هدسون J.E.Smith, W. Hudson, J.Edwards, J.Hill ، الخ . في حين درست نباتات بلجيكا من قبل غورتر Gorter ونيكر Necker ونباتات المانيا كانت موضوع دراسات أحادية إقليمية : بروسيا ، مناطق ليبزيغ Leipzig ، وفرانكفورت وينّا Iéna وشتوتغارت Stuttgart ، وبافير Bavière ، وورتنبرغ Wurtemberg ، وهارز Harz ، ودوقية باد الكبرى Bade ، الخ . . . وبعض الدراسات الشاملة ، مثل دراسة كل من ج . هوفمان G.Hoffmann ، وبوركهوسن وج . روهر Borkhausen, G.Rohr . وبخلال القرن 18 ظهرت أيضاً دراسات نباتية أخرى عديدة وطنية أو محلية : النمسا (جاكان Jacquin) ، بوهيميا ، دانمارك (اودر Oeder) ، السويد (او . سوارتز O.Swartz) ؛ لابوني (ليني Linné) ؛ النروج (غونر Gunner ، فاهل Vahl) ؛ ايسلندا وغرونلاند ، وبولونيا (جيليبرت Gilibert) ، روسيا (ب . ديشيزو ، بوكسبوم ، جملين P.Deschizeaux, Buxbaum, Gmelin الخ) ؛ سويسرا (آ . فون . هالر ، شوزر، هـ . ب . دي سوسور A.Von Haller, Scheuchzer, H.B. de Saussure ، الخ) ؛ ايطاليا (سكوبولي ، ب . ميشلي الخ) اسبانيا (كافانيل ، كر ي ، مارتينز وغومز أورتيغا Cavanil-les, Quer y Martinez et Gomer Ortega) . برتغال (بروتيرو دي آفيلار Brotero de Avelar) .

وهكذا ، وعلى موازاة استغلال الاراضي البعيدة ، تتابع العمل الدقيق في جرد النباتات في المناطق الاوروبية ، الامر الذي أتاح اغناء علم النباتات بالعديد من التقديمات الاصيلة

كريبتوغامي (علم اللازهريات) ـ أخذ هذا العلم ، الذي بقي حتى ذلك الحين مجهولاً ، يتقدم نوعاً ما ، كما تدل على ذلك كتب النباتات في ذلك العصر ، ودرست نبتات « الفوجير » من قبل و. سوارتز ، وج. بولتن ، وهدويغ ، وجملين O.Swartz, J.Bolton, Hedwig, Gmelin الخ . أما «الطحالب» فقد راقبها «الكريبتوغامي» الكبير ج. ديلن J.Dillen (دلينيوس) (1687-1747) الذي ميز ، وهو الأول في هذا ، الأنواع : بريوم ، هيبنوم ، سفاغنوم ، ووصف ، عدّة مئات من الطحالب ومن الأفطار الجديدة . وحورب هدويغ Hedwig من قبل ليني الذي حسب كبسولات (= علبيات) «الطحالب» كمآبر مملوءة بغبار الطلع ، ولكن الأول وسع معرفتنا بالبريوفيت بواسطة كتابه « فوندا ماتورم هيستوريا . . » (1787-1797) . نذكر أيضاً أعمال نيكر Necker ، وبوكسبوم Buxbaum ، الخ .

أما «الطحلب»البحري في الادرياتيك فقد درس من قبل ف . دوناتي V.Donati ؛ ودرس « الفوقس » من قبل س . جملين S.Gmelin ، وريومور Réaumur الذي حاول ان يعثر فيها على

اعضاء تناسلية ، شبيهة باعضاء النباتات العليا ومن قبل أليس Ellis ، الذي اهتم «بالمرجانيات».

ونشر ش . برسون C.Persoon اعمالاً أساسية حول « المورفولوجيا » (علم التشكل) وتصنيف الفطور ، وكذلك ب . بوليار P. Bulliard (1752-1793) ونذكر له « اعشاب فرنسا » وبخاصة « تاريخ الفطور في فرنسا » المزين بلوحات جميلة ، ويصف أعضاء التناسل والتوزع في هذه النباتات . نشير أيضاً إلى كتاب ج بوليت J. Paulet (1775) وبحوث غليدتش Gleditsch حول الحياة الجنسية عند الفطور .

وكانت « الليشن » (حزاز= نبات يعلو الصخور) موضوع دراسات أساسية من قبل السويدي ي. اشاريوس E. Acharius (1757-1819) . وقد قسّم أنواع الليشن Lichen الى 40 فرعاً ، ووزع عدد الأصناف المعروفة يومئذٍ فبلغت أكثر من 800 ـ نشير أيضاً الى ظهور كتب كبيرة عمومية حول الكريبتوغامي ، يعود الفضل فيها الى ميشلي Micheli ، وهوفمان Hoffmann ، وديكسن Dickson ، وكولروتر Kolreuter . وقد وسع هذا الأخير « النظام الجنسي » فاشمله أنواع « الكريبتوغام » (النباتات اللازهرية) .

II ـ اناتوميا وفيزيولوجيا النباتات

التشريح النباتي (آناتوميا) Anatomie ـ رغم الدرس الجيد الذي لقيته الاناتوميا في المانيا فإنها لم تتقدم كما تقدمت في القرن الماضي . في حوالي 1720 عرض الفيلسوف الالماني ش فون وولف Ch. Von Wolf الافكار النظرية حول بنية النباتات ، في حين عرض ك . ف . وولف المعلومات الاولى عن تشوء الأعضاء في كتابه « نظرية الخلق » . وقارن انسجة النبتة الصغيرة ، بتجاويف عجينة الخبز المتخمرة ، وعلم ان الجذع يتألف من استطالة انسجة الاوراق ، وإن القطع الزهرية ليست إلا أوراقاً معدلة . وقد تمت العودة الى هذه الافكار التي مرت غير منظورة يومئذٍ ، بعد 50 سنة ، من قبل غوته Goethe ثم من قبل ميربل Mirbel . ودرس هدويغ Hedwig تزيين الاوعية في الخشب ؛ ودرس دوهامل مونسو Duhamel du Monceau بنية الخشب وتشريح الاجاصة ؛ ودرس ر. برادلي R. Bradley بنية النباتات الزيتية ودرس هـ . ب . سوسور H.B.de Saussure بنية المسام ولاحظ ج . هـ . د. مولدن هور J.H.D.Moldenhawer ، النباتات المحلبية الخ .

الاعمال الاولى حول الاخصاب ـ في القرن الماضي بين كاميراريوس Camerarius ان النباتات ، كانت كالحيوانات مزودة بأعضاء اخصابية ، وإن الاخصاب ضروري حتى تستطيع البذرات أن تنمو . وهذا المفهوم ، رغم منطقيته ووضوحه ، قسم علماء النبات في القرن الثامن عشر . وكان خصوم الجنسانية عند النباتات هم الأكثر عدداً في بادىء الامر ، وفي بعض الاحيان الاكثر شهرة ،فهم قد ضموا تورنفور Tournefort وكرامر Kramer (الذي عالج نظرية الجنسانية عند النباتات بأنها غير لائقة ووقحة وكافرة) ، كما ضمت بونتديرا Pontedera وسبالانزاني

Spallanzani ، الذي حقق مع ف. مولر F.Moeller تجارب مفيدة ولكن صعبة حول اخصاب زهرات الحبق وزهرات الكتان والسبانخ ، دون أن يعرف كيف يفسر هذه التجارب بشكل صحيح .

وإذا كان كما يقال (روبرتز Roberts ، 1765) كاميراريوس Camerarius وكولروتر Kolreuter يمثلان التاريخين الكبيرين في تاريخ علم الولادة قبل 1766 ، فمن غير المحق مع ذلك عدم إفساح المجال في هذا التاريخ ، وبشكل واسع لاسم ليني .

إن مساهمة ليني في هذا المجال لم تكن إلا غير مباشرة . فقد تحمس لفكرة الجنسانية النباتية وأسس عليها أشهر نظام تصنيفي ، ثم جاء بعد ليبنيز يفتح الطريق للانتسابات . ولكنه بشكل خاص اطلق فكرة النظريتين : نظرية خلق الأجناس عن طريق التهجين ، ونظرية التناسل الجنسي المعمم . وبذات الوقت نشر الفيلسوف المادي لامتري La Mettrie كتاب « الانسان النبتة » (1748) ، وهو كتاب تضمن توسيعاً لفكرة تماثل الوظائف الكبرى كالغذاء والتنفس والتوالد بين الحيوان وأكثر النباتات كمالاً .

وقبل ليني كان هناك بعض الأعمال التي تتناول التهجين أو الجنسانية وكلاهما يعزيان الى ت . فرشيلد Th. Fairchild حول « ذوات العيون » والى ريشار برادلي Richard Bradley (1718) ، والى ب . ميلر P. Miller (1731) . وتتابعت هذه الاعمال ببطء : على يد جامس لوغان James Logan (1739) ، وج . ج . غليديتش J.G.Gleditsch (1749) . فضلاً عن ذلك يجب أن نذكر بحوث ش . ج . جيوفروا G.J.Geoffroy الذي نشر سنة 1711 ، كتاب اسمه « مذكرة حول بنية وحول استخدام مختلف أقسام الأزهار» حيث ظهرت الأنماط المتنوعة لحبيبات الطلع . ونذكر أن الألماني غليشن Gleichen (روسورم) لاحظ لأول مرة ، في نبتة اسكليبيا أنبوب اللقاح .

ومع النصف الثاني من القرن جاءت الكتب الكبرى مقترنة بأسماء : ج . ج . كولروتر J.G.Kolreuter (1761–1766) وك . ك . سبرنغل C.K.Sprengel (1793) كان كولروتر مؤسس علم التهجين وبمعنى من المعاني مؤسس التوليد (وهو بشكل خاص صاحب فكرة « قوة الهجناء ») ، وفرض الاعجاب بقوة كتابه (500 تهجين مختلف تناول 138 نوعاً ؛ ودراسة حبوب الطلع في 1000 صنف) وكذلك بنوعيته . ومعه ، ولاول مرة حصلت تهجينات بعدد كبير ووصفت بدقة : تهجينات الجيل الاول والجيل الثاني (وهي الانماط الثلاثة التي وضع مندل نسباتها العددية والتي كانت معروفة) ، ثم التلاقي المتقهقر . ونحن مدينون لهذا المجرب برفض موثق ومقنع لنظرية سبق التشكل (فقد بدت له هذه النظرية غير متلائمة مع : أولاً الصفة الوسيطة في المهجنات ؛ ثانياً مع تماهات التلاقي المتعاكس ؛ ثالثاً مع « التناقل » ، أي ما نسميه الارتداد بالتهجين الاستبطاني) ولكن إحدى النتائج الأكثر طروءاً ، والاكثر ازعاجاً في بحوث كولروتر هي تقويته المعتقد بديمومة الانواع . كان كولروتر تقياً جداً فظن أنه يستطيع مخالفة ليني وتبيين ان استحداث نوع جديد لا يمكن أن ينتج عن التهجين

وفي أواخر القرن 18 ، في سنة 1793 حدث أمر مهم وبشكل علني بارز ، ذلك هو حدث

البيولوجيا النباتية أو التشريح النباتي . في هـذه السنة نشر ك . سبرنغـل الكتاب الـذي جعله شهيراً « داس انتدكتي . . . » (او سر الطبيعـة المعلن) وفيه بـين أن أغلب الازهار الخنثة لا تخصب بفعل لقاحها لأن أعضاءها الجنسية ليست ناضجة بذات الوقت (ثنائية الأعراس) وقد بين بنفسه أيضاً الدور المهم ، وغير المعروف حتى ذلك الحين ، دور الحشرات في التلقيح وبين كيف أن الأزهار تجلب هذه الحشرات بلونها وعبيرها أو لقاحها . ووصف العلاقات القائمة بين الشكل وبين هوى الحشرات وترتيب الكؤوس والابر في مختلف أنواع الازهار . وبين أيضاً ولفت النظر الى غزارة والى خفة حبيبات الطلع في الازهار المخصبة بالهواء . وقد نور عمل سبرنغل تمـاماً فهمنـا للبنيات الازهـارية كـما شرح العديد من المسائل التي تطرحها هذه البنيات . وقد رجع إليه داروين كثيراً .

وأورد ج . ت . نيدهام J.T.Needham في كتابه «.اكتشافات ميكروسكوبية جديدة (1745) العديد من الملاحظات حول حبيبات اللقاح التي رأها تنفجر في الماء فتنتشر بحسب رأيه النطف التي لا يمكنها أن تنمو الا فوق المبيض . نذكر أخيراً البحـوث الشهيرة للطبيب الايـطالي آ . فاليزنياري حول التخصيب العجيب ، فوق سطح الماء ، لنبتة مائية كانت قد أهديت اليه ، كما نشير الى بحوث Wallerius حول التخصيب الاصطناعي (1752) .

ستيفن هالس Stephen Hales : ودورة النسغ ـ استلفتت قضايا ثلاث كبيـرة أيضاً انتباه العلماء في تلك المرحلة : دورة النسغ ، المبادلات الغازية وحركات النباتات .

وقد درس دوران النسغ من قبل اليسوعي الفرنسي ن . سربـات N.Sarrabat (1698-1737) الذي ، من اجل تتبع حركة النسغ في الاوعية ، غرس طرف اغصان في محلول ملون طبيعي بـاللون الاحمر ، احمر فيتولاكا ، فحقق بالتالي احد أولى الامثلة في التلوين الحي . وقـد شاهـد ان ارتفاع النسغ يتم فقط عبر الاوعية . ولكن الى ستيفن هالس (1677-1761) بصورة خاصة يعود الفضـل في البحـوث الاولى حول تصـاعد النسـغ . وقد اجرى هذه البحـوث رغبة في تفسيـرها فقط بـأسباب فيزيائية . وفي كتابه (فجتابل ستاتيكس 1727) وصف أكثر من 140 تجربة مخصصة لتبين تأثير الحرارة الشمسية على صعود النسغ . وقام بصورة مقارنة كميات الماء التي امتصتها الجذور والكميـات التي بخرتها الاوراق . وقارن صعود النسغ وصعود المياه في الأوعية الشعرية . وكان لهذا العمل صدى هائل وسرعان ما ترجم الى عدة لغات ، وبخاصة الى الفرنسية من قبل بوفون (1735) . واستعيدت تجاربه واستكملت من قبل غيتار Guettard في كتابه « مذكرة حول عرق النباتات غير المحسوس » .

وبنفس الحقبـة حاول شـارل بوني Charles Bonnet في « بحـوث حول استعمـال الاوراق » (1754) ان يبين بشكل خاص دور هذه الاوراق في امتصاص المياه ، وذلك بواسطة تجارب لم تكن مع الاسف دائماً مقنعة . وميز دوهامـل مونسـو Duhamel du Monceau بين « التبخـر المحسوس » في حالة خروج الماء بشكل سائل ، والتبخر غير المحسوس عندما يحصل بحالة ابخرة . ولم يجرؤ ، ولا بوني أيضاً على التأكيد بوجود نسغ نازل وصاعد . إلاّ أن فان مارون Van Marun ، مثل العديد من العلماء في تلك الحقبة ، استمر يشبه دوران النسغ بدوران الدم . كما شبه ج . بازين G.Bazin اوعية

النباتات مثل الشرايين في النباتات .

تبادل الغازات ـ في أواخر القرن 18 ظهرت أولى الاعمال حول المبادلات الغازية بين النباتات والفضاء وذلك بفضل التقدم الرئيسي الذي احرزه لافوازيه في دراسة الوظائف الكيميائية وفي تركيب الهواء . وتدل اوراق الكيميائي إنه اكتشف أن النباتات تأخذ من الهواء ومن الماء ، ومن المملكة شبه المعدنية المواد الضرورية لتركيبها ، في حين أن التخمر والاهتراء والاشتعال تعيد الى الفضاء العناصر التي اخذت منه . واكتشف ج . برستلي ، من جهته ، سنة 1771 بأن النباتات الخضراء لها خاصية انعاش، في الضوء، الماء الفاسد بفعل الهواء الثابت الصادر عن تنفسها في الظلام . ومن جهة أخرى اظهر نسبة الهواء غير القابل للتنفس (الهواء الذي حرم من مادة الحياة) في الفضاء .

ويعود الفضل الى الهولندي جان انجنهوس Jean Ingenhousz في اكتشاف التمثل الخضيري . وفي كتابه : « تجارب حول النباتات » 1779 بين هذا العالم بأن النباتات الخضراء تفرز الاوكسيجين في النهار أثناء الضوء وتفرز كربونيك في الليل اثناء الظلام .

وتبين ان هاتين الظاهرتين المختلفتين تتعلقان فقط بالاضاءة . فضلاً عن ذلك ، وبعد الارتكاز على بحوث لافوازيه استطاع أن يبين أن البنانات تستمد كل الكاربون اللازم لها من الغاز كاربونيك الفضائي (1798) .

ونوقشت هذه النتائج من قبل جان سنيبيه J.Senebier الذي بين « مذكرات فيزيكو شيميك حول تأثير الضوء الشمسي » (1782) وفي عدة أعمال لاحقة (1783-1784)ان الاسيد كاربونيك ، لم يكن مستمداً من الفضاء فقط ، بل أيضاً من الماء ، بحالة الذوبان ، وإنه تمتصه بالتالي الجذور ، فيصل الى الاوراق حيث يتم تفكيكه بتأثير الشمس ، فيتحرر قسم منه في الفضاء ، وقسم آخر ، ثابت ، يستخدم لصنع موادمكربنة تلحظ في النباتات .

هذه الافكار ، التي وردت موسعة في « فيزيولوجيا النباتات » (1800) أكملها تيودور سوسور Théodore de Saussure كما سنراها في المجلد التالي .

من الناحية المنطقية ، كان من المفترض أن تؤدي هذه النتائج الى تقدم كبير بمعارفنا حول تغذية النباتات. في هذه الأثناء استمر بازان في تشبيه عنق النباتات بمعدة الحيوانات. وكان ب. سرابات P.Sarrabat يؤمن ان الالياف الخيطية Ligneuses المجتمعة في هذه النقطة «كان تخض العصارة الموجودة فتعطيها شكلاً ثانياً شبيهاً نوعاً ما بالشكل الذي يأخذه الغذاء في المعدة » . فضلاً عن ذلك أن الكيمياء النباتية لم تكن إلا في بداياتها . وعلى كل نذكر « في الكيمياء النباتية » 1786 لـ ش . ريش C.Riche وخاصة « الرسائل الفلسفية حول تكون الأملاح والبلورات » (1729)لـ ل . بورغي L.Bourguet ، وكذلك أعمال فالريوس Wallerius مؤسس الكيمياء الزراعية .

حركات النباتات ـ درس الفيزيولوجيون ايضاً حركات النباتات ، وخاصة حركات الأوراق والازهار . وغرس ليني في اويسال « ساعة نباتية » مشكلة من ازهار تتفتح وتغلق في مختلف ساعات

اليوم ، وكرس عملين لـ « سومنوس بلانتاروم » ولـ « كالاندروم فلورا » . ويبين سنيبيه ان الاضاءة قد تقلب أوقات اليقظة والنوم عند أوراق القرنيات . ودرس دوهامل دي مونسو حركة أوراق شجرة « المستحية الحساسة » ، ودرس ج . ف جملين حركات الـ « هيديساروم » . ودرس دال كوفولو Dal Covolo ، أسدية البربريسيات ؛ ودرس ادانسون ، حركات الطحلب « الخزاز » الخ .

فضلاً عن ذلك ، درس ب ويليمه P.Willemet سلوك النباتات المصفرّة، ودرس ج . استروك تقويم النباتات المنحنية ؛ وستاركن ، الاعشاب العشاقة « المعربشة » ؛ ودرس بوفون ودوهامل دومونسو ، قوة تكسر الخشب ، وتَرطبه Imbibition ، في حين نشر كورتي عملاً ملحوظاً حول حركة السيتوبلاسم داخل خلايا « الشارا» فاكتشف بالتالي الدورانية . ودرس الاباتي برتولون Bertholon وهو الأول ، مفعول الكهرباء على النباتات (1783) .

الكتب العامة ـ ونشرت كتب عديدة جداً حول علم النبات في القرن 18 . نذكر أولاً « محاولات أولية حول علم النبات » (1771) و« رسائل حول علم النباتات » (1793-1795)لـ ج . ج روسو J.J.Rousseau التي أثارت تغييراً كبيراً في الرأي العام تجاه « العلم المحبب » ؛ و« البيانات الاولية في علم النبات » لـ كلاري دي لاتورت حولها جيلبرت Gilibert وروزيه Rozier ، الى موسوعة حقة مزينة بالعديد من اللوحات (1788) . زيادة على « المنتا بوتانيكا » لنيكر Necker ، و« القاموس الاولي في البوتانيك » لـ بوليار Bulliard ، و« نظريات فيزيولوجية حول التنظيم النباتي والحيوان » لـ « ميتيري Métherie و« بيبليوتيكا بوتانيكا » لـ « سيغيه Séguier » ، ونذكر « القاموس » و« درس البوتانيك» للراهب البندكتي ن . جوليكلرك N.Jolyclerc . ومن بين العديد من الدراسات التي صدرت في المانيا ، نشير الى الرسمات المدهشة للنباتات والحشرات لـ م . مريان M.Merian في « كتاب النباتات الجديد » . وفي أنكلترا نشر بريان ، وبولتيني وهيل Bryant, Pulteney et Hill « النظام النباتي » في 13مجلداً مزينة بأكثر من ألف لوحة وفي سويسرا أسس ج . رومر J.Roemer « ماغزين فور دي بوتانيكا » (1787-1791) ، خلفتها فيما بعد « نيوز ماغازين » بعد 1794 .

III ـ علم النبات التطبيقي

اغرونوميا ـ رغم أن علم الزراعة(اغرونوميا) هو خارج نطاق موضوعنا ، يتوجب ان نذكر العديد من الكتب المهمة لـ : هنري لويس دوهامل دو مونسو Henri-Luis (1700-1782) Duhamel du Monceau ، الذي يعتبر كتابه « فيزياء الاشجار » (1758) ، معالجة حقة للتشريح وللفيزيولوجيا النباتيين ، وكتاب آ . توين A. Thouin (1747-1824) وهما تباعاً ناظر البساتنة في بستان الملك واستاذ الزراعة في الميزيوم . نذكر أخيراً أن بارمانتيه ادخل زراعة البطاطا الى فرنسا ، بعد أن توصّل الى جعل لويس 16 يظهر في البلاط وهو يحمل زهرة هذه النبتة في عروته .

علم النبات الطبي ـ وجدت بحوث استعمال النباتات في الطب حداً لها في ضعف درجة تقدم الكيمياء . في فرنسا ، لم تنشر « محاضرات في المادة الطبية » لـ آ . دي جوسيو A. de Jussieu الا في سنة 1722 ، وكتاب شومل Chomel لم يظهر إلا بعد وفاته سنة 1761 . نذكر أيضاً « النباتي الفرنسي » (1767) لـ ج . باربو دو بورغ J.Barbeu du Bourg ، ومحاضرات ي . ف جيوفروا ، المستكملة من قبل ب . دي جوسيو ، ودراسة آ . غوان A.Gouan ودراسة جيلبرت ، وكذلك مجموعة النباتات الاستعمالية لـ غوتيه داغوتي Gautier d'Agoty . وفي ألمانيا نشرت مؤلفات كثيرة في الكيمياء الطبية ، منها مؤلفات ف . كارتوزر F.Cartheuser الذي حاول أن يصنف ، ضمن 6فئات « العناصر الأساسية التي يمكن استخراجها من النباتات» ثم «ايقونات بلانتاروم مديسينالوم» لـ بلنك Plenk وزورن Zorn . وكذلك كان الحال في انكلترا وهولندا وايطاليا وأخيراً في السويد حيث نشر ليني ، سنة 1749 «ماتريا مديكاي رنيو فجتابلي » .

البساتين النباتية ـ ظلت « بساتين النبات » تلعب دوراً مهماً جداً . فقد أتاحت تزيين العديد من الأعمال المفيدة جد بالنسبة الى تقدم البستنة ، مثلاً «وصف النباتات الجديدة المعروفة قليلاً والمغروسة في بستان ج . م . سلس J.M.Cels » لـ ب . فانتينا P. Ventenat و«بستان ماليزون » كتاب رائع وضع بايعاز من الامبراطورة جوزفين سنة 1803 .

وعدا عن كتالوغ لبستانٍ خاص نشر من قبل ب هاريسونت P.Hérissant (1771) و« كتالوغ بستان الصيادلة » ظهرت لوائح عديدة بنباتات زرعت في بساتين الأرياف. كما ألفت نباتات اجنبية عديدة في بساتين البحرية الفرنسية في تولون وفي برست . وقد ضم مشتل روول Roule ، الذي أسس سنة 1669 أكثر من 50الف نبتة جمعها علماء النبات الرحالون ، بحيث تم تعريف الجمهور بعدد كبير من النبتات الاجنبية .

وفي انكلترا تم في سنة 1759 تأسيس البستان الشهير بستان كيو Kewحيث نجح و . ايتون W.Aiton في غرس نباتات لم يكن بالامكان حتى ذلك الحين إنماؤها في أوروبا . وبمساعدة من سولندر ودريندر Solander et Dryander ، أخرج منها سنة 1789 كتالوغاً أكثر كمالاً من كتالوغ سيرجون هيل John Hill الذي سبق نشره . ونشر ب . ميلر P.Millerكتالوغا لبستان الصيادلة في شلسي. ومعجماً للنباتيين حسن التزيين بالصور .

وفي المانيا عدا عن كتالوغ بساتين نباتات التدورف ،وفرنكفورت وغوتنجن ، الخ نذكر كتب س . كرنر S.Kerner وهو ملون باليد تلويناً رائعاً . واستعملت عبقرية د . اهرت D.Ehret ، وهو رسام رائع للنباتات المغروسة ، من قبل ليني ليصور رسوم « هوسلوس كليفورت تيانوس » ؛ كما استعملت من قبل ب . جوسيو B.de Jussieu لتمثيل نباتات بستان الملك ، ومن قبل ترو و وفوجل Trew et Vogel من أجل « بلانتا سلكتا » (1750-1760) الخ .

وفي النمسا نشر ج. جاكين J.Jacquin عدة كتب مزينة بالرسوم الرائعة حول بساتين ـ فينا .

وفي هولندا ساعد هـ . بورهافH.Boerhaave في نشر الميل الى المنشورات الجميلة الغنية بالصور : وفي السويد نشر ليني Linné كتالوغ بستان نباتات أبسال Upsal ، في حين استمرت في إيطاليا كتالوغات البساتين تنشر بأعداد كبيرة وخاصة كاتالوغات بيزا وفلورنسا وبادو وبولونيا ، الخ .

وأسس أول بستان نباتي أميركي في سنة 1784 من قبل م . غ . جان دي كريف كور M.G.Jean de Crèvecœur ، قنصل فرنسا في نيويورك وفي سنة 1786 أسس آ. ميشو A. Michaux بستانين الأول قرب نيويورك والثاني في كارولينا الجنوبية .

وأرسل قسم من البذور المتوفرة إلى باريس ، ووزعت بين بستان الملك والمشاتل الأخرى في الجوار .

IV ـ النباتات الجديدة على أوروبا

الاكتشافات النباتية ـ إن دراسة النباتات الأجنبية تقدمت تقدماً كبيراً في القرن الثامن عشر وخاصة في فرنسا ، حيث حصل البحارة ورجال الدين ، بدعم من طبيب لويس الخامس عشر ، ل . ج . مونيه L.G.Le Monnier مبالغ مهمة أتاحت لهم سبر البلدان البعيدة .

واستقبلت أميركا الشمالية زيارة م . سارازان M.Sarrazin الذي نزل في سنة 1685في كندا حيث أقام 45 سنة ـ حيث أكتشف فيها نبتة ماراسانيا التي قدمها إليه تورنفور Tournefort ـ ثم ب . شارل فوا P.Charlevoix الذي نشر ، سنة 1744» وصفاً للنباتات الرئيسية في أمريكا الاعتدالية (إعتدال الربيع :الخريف)»ولكن آل ميشو Michaux هم الذين عرّفوا بنباتات أمريكا الشمالية . فقد أقام اندري ميشو (1746-1803) فيها من سنة 1785الى سنة 1796 ، مكتشفاً كارلوينا وفلوريدا وبنسلفانيا وميري لاند وكندا ونشر « تاريخ السنديان » (1801) ثم « فلورا بوريال أميريكانا » ، وقد زينها ردوتي الذي وصف 1700 نبتة منها 40 نوعاً جديداً . وابنه فرنسوا اندري François-André ، الذي رافقه من سنة 1785 الى 1790عاد الى أميركا سنة 1801 ، ثم من 1806 الى 1809 . ونشر وصفاً لرحلة وعدة كتب حول اشجار أميركا .

أما الكشاف الانكليزي مارك كاتسبي Mark Catesby فقد زار بين 1712الى 1719 ، كارولينا وفرجينيا وفلوريدا وجزر البهاما ونشر دراسة حول التاريخ الطبيعي لكارولينا . ونشر أخو العالم النباتي شيرار Sherard ، سنة 1767 ، كتابه « هورتو بريتانو أميركانو » متضمناً وصف 85 شجرة من أميركا يمكن أن تزرع في انكلترا . وحصل ج . كليتون J.Clayton من فرجينيا على مجموعة مهمة من النباتات التي وصفها ف . غرونوفيوس F. Gronovius (1743) . وصحح ب . براون P.Browne وصفات عدة أنواع من ب . بلوميه P.Plumier ووضع صفات جديدة . وشهد آخر القرن الثامن عشر صدور كتب أخرى مخصصة للبوتانيك في أميركا الشمالية وخاصة كتب و . هووستن

W.Houston ، وت . ولتر Th. Walter وس . برتون S.Bartonومديكوس Medicus .

ودرست نباتات أميركا الجنوبية من قبل ب . فوييه P.Feuillée (1660-1732) الذي اكتشف نباتات الانتيل وشاطىء كاركاس، من سنة 1703 الى 1706 ؛ ثم مع المهندس فريزيه Frézier، درس نباتات الشيلي Chili والبيرو Pérou . وأشارت دراسته الى النباتات الطبية في الشيلي وفي البيرو الى عدة نباتات جديدة مثل الفكسيــة . ومن جهته نشر فريزيه سنــة 1716 كتابــه « رحلة الى بحار الجنوب » .
وقام بالكشف على أخطار اسبانيا الاميركية الجنوبية ج . دومبي J. Dombey (1742-1794) مكلفاً بمهمة علمية من قبل تورغو، وقد اصطدم بعداء السلطات الاسبانية التي صادرت قسماً من محاصيله . وقد سجن في مونت سرّات حيث توفي سنة 1794. وتضمن بيانه النباتي 1500 نبتة (منها أكثر من 60 نبتة جديدة) وأوصل ، رغم ذلك الى متحف باريس . وكـان علماء النبات الأسبـان ، رويزوبـافون Ruiz et pavon اللذان رافقاه في رحلته الأولى قد نشرا كتـاباً عن نبـاتات البيـرو والتشيلي في اربـع مجلدات (1798-1802) ، وفيه استعملا تصنيفاً مختلفاً .

وقد دُرست نباتات أمريكا الجنوبية أيضاً من قبـل جوزيف جـوسيو Joseph de Jussieu الـذي ذهب سنة 1735 مع بعثة الكوندامين وأقام في البيرو لمدة 35سنة . وقد بيـع المتحف الرائـع الاجنبي الذي شكله الصيدلي الانكليزي بتيفر إلى سلوان Sloane وأودع في المتحف البريطاني. وزيادة على كاتالوغ هذه المجموعة (عشرة فروع ، 1692-1703) نشر بتيفــر كتاباً بعنوان « غازوفيلاسيـوم » وفيـه وصف القرنيـات في أمريكـا ونشر كتاباً عن نباتـات البيرو . وفي أواخـر القرن الثـامن عشر نشر السـويـدي وسوارتز O.Swartz والنـرويجي آ . فــاهـل A.Vahelوالاسبــاني ج . س . مـوتيس J.C.Mutis عدة كتب حول المزروعات الأمريكية .

وقد تم إكتشاف نباتات جزر الأنتيل من قبل العالم النباتي الانكليزي هنز سلوان Hans Sloane (1660-1753) الذي جمع 800 نبتة ضمنها مجلدين (لندن 1707-1725) . ونشر سلوان الذي خلف نيوتن كرئيس في الجمعية الملكية ، دراسات عن الأشجار الافاوية . وترك مختبره الغني بالتاريخ الطبيعي لـصيادلة آل شيلسي Chelsea .

ونشر الأب ج . ب . لابات P.J.B. Labat الذي أقام طيلة 7سنوات في المارتينيك وفي سان دومنغ ، نشر 1722 وصفاً لرحلة من 6مجلدات . ودرس الانكليزي ج . هيوز G.Hughes نباتـات بارباد(1750)والهولندي ج . جاكين J.Jacquin نباتات جزر الكارايبب (1760)وأدخل هذا الأخير، في خيمات شون بـرون Schoenbrunn عدة نبـاتات وحيـوانات أمركية . ودرست نبـاتات غـويانـا Guyaneمن قبـل ب . بـاريـر P.Barrèreوكان نبـاتي الملك ، وأقـام في غـويـانـا ، سنـة 1722 ، ومن قبـل بري فونتين Préfontaine ومن قبل ب . فوزي أوبلي P.Fuseé-Aublet الذي أشار إلى 800 نبتة نصفها جديد . وقام بزيارة غـويانـا ش . شونيني دي مـانون كـور Ch.Sonnini de (1751-1812) Manoncourt الذي استعملت مذكرته من قبل بوفون . وبفضل دعم هذا الأخير تمكن من زيـارة

شاطىء المتوسط الشرقي ، فضلا عن مذكراته عن الرحلات ، ترك دراسات حول الفستق والاسكلبياد . وقد زار أيضاً كلود ريشار Claude Richard جزر الانتيل وغويانا والبرازيل ، وعاد منها إلى فرنسا بمجموعة من ثلاثة آلاف نبتة .

وبدأ إكتشاف نباتات أفريقيا ، بشكل جدي بفضل أعمال عدة نباتيين فرنسيين . فقدم ميشال أدانسون وهو أبن 22 سنة إلى السنغال ككاتب لشركة الهند وأقام فيها من 1749 الى 1754 . وجمع منها مواد كتابه الشهير : « التاريخ الطبيعي للسنغال » (1757) ودرس بصورة خاصة شجرة الباوباب والأشجار ذات المطاط .

ونجح الليوني بيار بوافر Pierre Poivre أن ينقل من جزر الملوك ، لكي يدخلها في جزر فرنسا والبوربون ، نباتات افاويه كان الهولنديون يمنعون تصديرها وزار أيضاً مدغشقر والفليبين ، وكان ينشىء حيث يقيم بساتين فخمة .

وفيما كان آ. ليبي A.Lippi (1704) وسونيني دي مانون كور Sonnini de Man-oncourt (1799) يقدّمان وصفاً لنباتات مصر ، قامت بعثة جين هوتو J. Houtou دولا بياردير سنة (1786) بالتمكين من نشر دراسة حول نبتات سورية . وكانت النبتات الستمائة ومنها مئتان جديدة، قد جمعت من نوميديا وسوريا ومصر من قبل الانكليزي ت . شو T.Shaw ، ووضعت عند شيرار . أما وصف الرحلة فقد نشر سنة 1738 بمعونة ديلينوس Dillenius . ودرست نباتات تركية من قبل بوكسبوم Buxbaum من (1728 الى 1740) ونباتات اليونان من قبل ج . سيب تورب J. Sibthorp أستاذ في إكسفورد . والعشبية المهمة المحصلة من مصر والشرق الأدنى من قبل السويدي ب فورسكار P. P.Forsskal، نشرت سنة 1775 . أما الحصيلة التي توفرت من فلسطين على يد ف. هاسلكيست F. Hasselquist (1722-1752) نشرت من قبل ليني . أما نباتات بلاد البربر (تونس والجزائر والأطلس) فقد درسها أ. هبنستريت E.Hebenstriet (1731) وكذلك أيضاً ج. بورمان J. Burman (1738) ، الخ ، وبخاصة من قبل ر. ل. ديفونتين R.L. Desfontaines الذي جمع ، من 1783 الى 1785 ، مواد كتابه « فلورا اطلنتيكا » وفيه وصف 1520 نوعاً منها 300 نوع جديد . نشير أيضاً الى كتاب فلوريا أوريونتاليس لراوولف Rauwolff الذي نشر سنة 1755 من قبل غرونو فيوس Gronovius ، والمعلومات الثمينة التي قدمتها قصة رحلة الى الشرق قام بها الايطالي ج. ماريتي J.Mariti (9 مجلدات ، 1769-1776) . وكذلك رواية الفرنسي لاروك La Roque (1761) الذي وصف شجرة البن . وهناك أيضاً تقارير مفيدة عن رحلات قام بها ب. سونرات P. Sonnerat الذي ذهب مع بوافر Poivre ، سنة 1768 الى جزيرة فرنسا ، ثم زار بوربون Bourbon ومدغشقر وجزر سيشل حيث راقب الأريترو كزيلون كوكا ؛ كما كشف أيضاً مانيلا والفليبين . أما نباتات رأس الرجاء الصالح فقد درست من قبل السويديين جين برجيوس J.Bergius 1767 وب. تنبرغ (1772-1775) P. Thunberg والانكليزي ف. ماسون F.Masson (1772) . وذهب السويدي آ. سبرمن الى الصين سنة 1765 ، ثم انضم فيما بعد الى بعثة الكابتن كوك Cook حيث التقى ، فورستر Forster

وتنبرغ Thunberg ، ثم قام برحلة الى أفريقيا الجنوبية وقدم عنها مذكرة في سنة 1787 .

ودرست نباتات الهند الشرقية من قبل الألماني م . ب . فالنتيني M.B.Valentini ، والهولندي ف. فالنتين F.Valentyn . والانكليزي ك . ميلن C.Milne . ودوس جين بورمن J.Burman نباتات سيلان وأمبوان ومالابار وأمريكا ، سنداً لتعشيبات جمعها العديد من المسافرين . أما نباتات الهند فقد درست من قبل إبنه ن . بورمن N. Burman 1766 واستكملت من قبل جوهان جي كونيغ Johann G. Koenig الذي قام أيضاً بالكشف على هندوستان . وأرسل السويدي اوتورن O.Torén الذي زار جزر القمر وشبه جزيرة ملكا وكانتون ، الى ليني Linné ملاحظاته التي نشرت سنة 1757 . ودرس الداغركي روتبول Rottboll نباتات سورينام . ودرس اليسوعي البرتغالي ج . دي لوريرو J. de Loureiro نباتات كمبوديا و مالابار وموزنبيق ونشر كتاباً عن نباتات كوشن شين Cochinchine (1790). واكتشفت نباتات جافا من قبل رادر ماشر ونباتات الصين من قبل اليسوعي الفرنسي ن . شيرون N. Chéron الملقب أنكارفيل (1706-1757)الذي وجه الى ب . جوسيو B. de Jussieu معشبة من 300 نبتة ،لم تدرس مع الاسف إلا سنة 1881 . ورغم أن العديد من اكتشافاته بقيت مجهولة لمدة طويلة ، فاليه يعود الفضل في إدخال الإيلانت ، والسدريلا والانكارفيلا الخ . ويعزى اليه أحياناً خطأ ، اكتشاف الرين مرغاريت Marguerite ، التي سبق ووصفها ديلينيوس Dillenius سنة 1732 . اما نباتات اليابان فقد درسها تمبرغ Thumbirg وب شارل فوا P.Charlevoix ، أما نباتات هولندا الجديدة فدرسها فنيل Fenyl وسكوت Schott .

البعثات الكبرى - وفي النصف الثاني من القرن الثامن عشر نفذت بعثات وحملات كبرى كثيرة ، كانت نتائجها مهمة بالنسبة الى علم النبات .

في فرنسا نظمت البحرية العسكرية الفرنسية بعثة الى الاراضي الجنوبية القطبية تحت قيادة بوغنفيل Bougainville . وقد وضع ب . كومرسون P. Commerson بهذه المناسبة ، ومن اجل الجامعين، تعليمات اتخذت لمدة طويلة كنموذج . وذهب بوغنفيل سنة 1767 على ظهر الفرقاطة لتوال،ورمى مرساته في البرازيل وفي أرض النار ،ثم اجتاز مضيق ماجلان وزار تاهيتي وغينيا الجديدة واستراليا ويتافيا ، وكان يجمع اثناء سيره العديد من النباتات . وجمع أخيراً مجموعة مهمة من الاعشاب في جزيرة فرنسا وفي مدغشقر وفي جزيرة بوربون حيث مات سنة 1773 . وكانت حصائله ، ورسومه للانواع الجديدة قد استخدمت من قبل آ . ل . جوسيو ولامارك . أما البعثة التي نظمت بقيادة انتركاستو بحثاً عن البيروز ،فقد حملت معها عدة علماء طبيعيين منهم فنتينا ولابياردير .

وزارت هذه البعثة جزر الكناري وبحر الهند واستراليا وتسمانيا وكاليدونيا الجديدة وجزر الملوك الخ ونشر لابياردير سنة 1798 تقريره عن رحلته ثم العديد من الدراسات المهمة جداً عن النباتات التي حصل عليها .

وفي بريطانيا كانت الرحلات الشهيرة للكابتن جامس كوك (1728-1779) التي نظمتها الاميرالية الانكليزية ، موضوع تقرير شهير . ومن بين النباتيين الذين كانوا في هذه الرحلات يجب ذكر

جوزف بنكس Joseph Banks (1743-1820) بالدرجة الاولى الذي كرس ثروته لدراسة النباتات الاجنبية ، فزار منذ (1763) لابرادور والارض الجديدة . وحصل على موافقة في المشاركة ، مع د . سولندر D.Solander في بعثة الكابتن كوك Cook التي انطلقت سنة 1768فزارت جزر الكناري وجزر الراس الاخضر ، والبرازيل وأرض النار وهولندا الجديدة ، وارخبيلات المحيط الباسيفيكي وغينا الجديدة ، وعاد مشططاً عند شواطيء افريقيا ، فاجتاز رأس الرجاء الصالح . وجهز بانكس سفينة زار بها شواطيء اسكتلندا وايسلندا ، ولما عاد الى لندن وأصبح رئيساً للجمعية الملكية ، أفاد من مجموعاته العديد من النباتيين .

وشارك الالماني جوهان ر . فورستر Johann R. Forster وابنه جورج في الرحلة الثانية للكابتن كوك على ظهر السفينة لارزولوسيون . ودارت البعثة حول رأس الرجاء الصالح ووصلت الى زيلندا الجديدة وإلى جزر « الشركة » وجزر « الاصدقاء » وبحار الجنوب ، واكتشفت كالدونيا الجديدة وعادت الى انكلترا سنة 1775 . وفي حين وصف ج . ر . فورستر 75 نوعاً جديداً من النباتات ، أكمل ابنه بعضاً من هذه الاوصاف ونشر دراسات حول « شجرة الخبز » في جزيرة « الاصدقاء » ، وحول النباتات الطبية في الجزر الجنوبية ، وكذلك وضع تقريراً عن رحلته (1777) . وكتبت صحيفة هذه الرحلة الثانية من قبل ج . ك ليتسون J.C. Lettsonn الذي قدم ايضاً دراسة عن شجرة الشاي .

وبفضل هذه الرحلات العديدة والبعثات المتنوعة والحملات ، أحرزت معرفة النباتات الأجنبية تقدماً كبيراً ، ساعد كما سبق وذكرنا ، في نهضة التصنيف وفي وضع أسس عامة للبيولوجيا .

الفصل السادس :
علوم الأرض

في القرن الثامن عشر وهو قرن الانعتاق كان على الطبيعيين الذين يدرسون الارض أن يحسبوا حساباً دائماً لما ورد في الكتاب المقدس ، والطوفان تحت طائلة هجوم الكنيسة الحاد . والبعض منهم لم يرَ علوم الارض الناشئة الا كوسيلة لاثبات حقانية الكتاب المقدس ، فكان العديد من العلماء يتدبرون أمرهم لإظهار تقيدهم بالتعاليم في بعض مقاطع من نشراتهم . ولكن البعض كان يتابع أفكاره الى أبعد من ذلك . وكان لنشر الأنسيكلوبيديا والثورة الفرنسية سنة 1789 فضل تقديم الانعتاق .

ودرست علوم الارض في كل أوروبا ومن كل البلدان جاءت المعلومات والاعمال المتوازية ، التي سوف يشكل مجموعها كياناً من العقيدة معداً ليكون موضع عمل في القرن التاسع عشر .

وتجب الاشارة الخاصة الى بوفون Buffon الذي ادخل علوم الارض (وكل العلوم الطبيعية) في الادب المعد ليقدم لجمهور واسع من المثقفين وليس فقط لبعض المتخصصين .

وبعد أن نستعرض مختلف المدارس سوف ننظر الى التقدم الواسع المهم والناجز : كمية من المعلومات ، ونظريتان كبيرتان سوف تتحاربان : نبتونية ورنر Werner وبلوتونية هوتن Hutton والمشاهدات الاولى عن بنية اديم الارض (انكلترا وبلجيكا وسويسرا) ومعطيات متينة عن الاحاثة: (علم يبحث في أشكال الحياة في العصور الجيولوجية الأولى) الاحاثة الستراتيغرافية (الطبقاتية الارضية) ، إحاثة أفضل من جراء ابتكار منهجية ، ونظرات جريئة حول تطوّر الانواع ، والنهضة السريعة لعلم المعادن (مع هاوي Haüy) ومعلومات إحاثة جغرافية (باليوجيوغرافي) .

وفي أواخر القرن 18 ، لم يكن قد قُدِّم اي حل ولكن وضعت خمس معطيات للمسألة : دور المتحجرات في التأريخية النسبية ، الفروع الثانوية الستراتيغرافية ، دور التشققية في التمزقات ، التواتبية الرقمية ، وأصل الغرانيت .

I ـ الجيولوجيا

المدرسة الايطالية ـ في سنة 1711 درس غاليزي Galeazzi المتحجرات في جبل سان لوقا قرب

بولونيا، وعرف أن هذه الصدفات لا تشبه في شيء صدفات البحر الأبيض المتوسط وأنها لا بد وأن تكون قد أتت من المحيط الهندي ، مبيناً بالتالي أهمية مقارنة الحيوانات القديمة بالحيوانات الحالية .

وبعد عشر سنوات استعرض فاليزنياري Vallisnieri جيولوجية إيطاليا كلها ، ورسم الاوضاع العامة للرسوبات البحرية ، في فريول وفيستين ، في فيروني وبولونيا ، في توسكانا وجبال الابينين . واستنتج أن البحر كان قد أقام فيها طويلاً وأن هذا الظرف كان مستقلاً تماماً عن الطوفان . وأخيراً وصف جبل بولكا المشهور باسماكه المتحجرة .

وفي سنة 1740 نشر انطونو لازارومورو Anton-Lazzaro كتابه « كروستاسي أديكلي » وقد كان المؤلف قد لُفِتَ بولادة جزيرة قطرها 500 متر وارتفاعها 8 أمتار ، في سنة 1707 ، في خليج سونتورين ، على أثر ظاهرات بركانية وهزات أرضية . وتعميماً من هذه الملاحظة اسند مورو الى تأثير البراكين والهزات الارضية كل الترسبات وكل الانقلابات . وفي حين اصبحت مياه البحر أكثر فأكثر ملوحة بسبب التصاعدات البركانية ؛ كانت رمادات البراكين تترسب في قاع البحر ثم ترتفع فيما بعد بفعل الهزات الأرضية .

ولاقت هذه النظرية نجاحاً كبيراً ، خاصة عندما قام الاخ كرم جنرلي Carme Generelli بعرضها وشرحها أمام الاكاديمية كريمونا سنة 1749 (سنة صدور أول طبعة من كتاب بوفون) . ومن المهم أن نشير الى أنه بعد هذه الحقبة حاول علماء الطبيعة أن يفسروا الظاهرات القديمة بظاهرات جارية ومن جهته قسم ج . اردينو G.Arduino اراضي فيستين وفيرونا الى بدائيات (شست ميكي) ، وثانوية (كلسيات متحجرة) وثالثية (قليلة الارتفاع ، طرية مع متحجرات في جبل بولكا) وبركانية . وفي سنة 1759 أكمل ببراعة أعمال ستينون Sténon حول توسكانا Toscana .

وقد جذبت المتحجرات الصغرى ايضاً انتباه علماء الطبيعة الايطاليين . وعلى هذا وصف بكاري Beccari سنة 1729، المنخربات وقد لقبها ليني Linnéنوتيلوس بكاري(وهي روتاليا). وبعد 10 سنوات أعلن ج . بيانكي G.Bianchi (= ج . بلونكوس J.Plancus) أنه عثر على شواطيء ريميني Rimini ما يعادل القرن الصغير لامون المتحجر Ammon Fossile . وفيما بعد وصف سولداني Sol-dani العدد الكبير من هذه الصدفيات الحية والمتحجرة ، وبين أيضاً فائدتها . وانتهى القرن « بالايكتولوجيا الفيرونية » (المسمكةالفيرونية) لسرافينو فولتا Serafino Volta ، الذي وصف 123 نوعاً من الاسماك المتحجرة في لاسترارا قرب جبل بولكا . من هذه الانواع الـ 123 ، رأى المؤلف أن 12 نوعاً منها غير معروف في كتلة الحيوانات الحية .

وفي نصف القرن 18 نشر ترجيوني Targioni كتابه « رحلات الى توسكانا »(1751-1752) ، فوصف جيولوجيا هذه المنطقة التي كان قد نظر فيها دون أن يصفها ستينون 60 سنة من قبل . وقد حارب الراي الذي تقدم به بوفون من أن الوديان سببتها التيارات البحرية ، وعزاها ترجيوني الى فعل الانهار التي اجتازت حواجز البحيرات بعد أن تراجعت البحار .

المدرسة السويسرية ـ ولد جوهان جاكوب شوزر Johann Jacob Scheuchzer (1672-1733) في زوريخ ، ولم ينفك ينشر طيلة 50 سنة تقريباً معلوماته عن بلد يعرفه بصورة كاملة . وفي كتابه بيسيوم كبريلا (1708) ، تكلم باسم الأسماك المتحجرة التي كانت ضحايا الطوفان ، كما تكلم عن جهل وظلم الناس الذين يرفضون الاعتراف لها بأنها اجداد الأسماك الحاضرة ويعتبرونها من مستوى الأحجار الجامدة.. والكتاب مزين بلوحات جميلة تمثل أسماكاً متحجرة من ألمانيا ومن إيطاليا .

في السنة التالية، ظهر «ارباريوم دبلو فانم»مجموعة من النباتات المتحجرة (صورة 38)، حيث تظهر بصمات من انكلترا وسويسرا وايطاليا ، وكذلك متحجرات أخرى ، بعضها أجزاء من آمونيت (متحجرات من العهد الثاني) بحواجزها التي تشبه ، كما يقول المؤلف ، بصمات من أوراق ، ولكنها في الواقع خطوط التحام ، أو انفصال بين مختلف الحجرات » (صورة 39) . يذكر شوزر Scheuchzer ان مظهر الصنوبريات في طبقات الفحم يثبت ظاهراً أن الطوفان قد حدث في شهر أيار . . .

وفي سنة 1716نشر شوزر Scheuchzerكاتالوغ مجموعته الذي تضمن، من النبات إلى الثدييات، 1500قطعة منها 528من سويسرا. أما الأمونيات الموصوفة فمصنفة ضمن فئتين، بحسب ما إذا كانت شوكية أو غير شوكية وتقسم كل فئة بدورها إلى ملساء أو مخددة ، ذات محيط مضغوط أو غير مضغوط ، ذات أخاديد بسيطة ، متفرعة ثنائياً أو ثلاثياً . أنها أول محاولة جدية لتصنيف « قرون آمون » .

ولاحظ جوهان غسنر Johann Gesner الذي أكمل عمل شوزر ان البقايا المتحجرة للشوكيات تنكسر دائماً مثبتة صفحات بلور كربونات الكلس . والفرنسي لويس بورجي Louis Bourget الذي عاش في نيوشاتل هو صاحب « كتاب المتحجرات » (1742) .

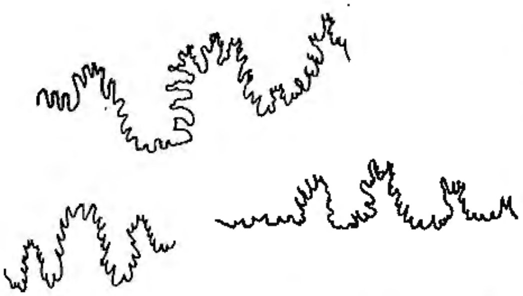
وفي النصف الثاني من القرن الثامن عشر ، تقاسمت مدينة زوريخ امتيازها كمركز جيولوجي مع جنيف التي اشتهرت ، بفضل ج ـ آ . دي لسوك



الصورة 38 ـ بصمات النباتات المتحجرة

(ج .ج .شوزر نباتات الطوفان ـ Herbarium diluvianum)

Jean André de وبنديكت دي سوسور B.de Saussure . ونشر جان اندره دي لوك J.A. de Luc Luc (1817-1727) في سنة 1778 « رسائل فيزيائية وأخلاقية عن الجبال وعن تاريخ الأرض والانسان ».موجهة الى ملكة انكلترا . هذا العنوان الغريب ينبيء عن الخلائط المدهشة التي يمكن أن تتوجد في النص . يذكر دي لوك كلمة جيولوجيا التي كانت مستعملة منذ زمن بعيد في انكلترا ، ولكنه يقول انه لا يستطيع استعمالها لأنها ليست فعلاً شائعة الاستعمال . لم يهتم ج. دي لوك الا بالجبال ، فميز بين الجبال البركانية القديمة ، والجبال المائية الثانوية والجبال الأولية أو غير القابلة للتفسير . . . وفي سنة 1798 ، وضمن رسائل موجهة الى بلومنباخ Blumenbach استكمل دي لوك نظامه . واعتبر القارات كقية من الرسوبات البحرية ، المنثنية والممزقة بدوران كبير ، ثم المجففة بفعل تراجع المحيطات العام . وكما كتب يقول : ان هدفه هو إثبات صحة النبوءة الموسوية . وفي « صحيفة الفيزياء » ، يشبه النميات (أصداف) بعظام الحبار (حيوان بحري من الرخويات) ولكنه يبدي هذه الملاحظة الذكية أن نميات بأيون وايطاليا والهند متشابهة ، رغم المسافات وفوارق الارتفاع .



صورة 39 ـ خطوط التحام الامونيات عن ج . ج . شوزر .

وكان هوراس ـ بنديكت دي سوسور Bénédicti de Saussure — Horace (1740 – 1799) احد أبرز الشخصيات في علم الجيولوجيا في ذلك العصر. فقد درس جبال الالب طيلة ثلاثين سنة . ونشر ملاحظات ضمن أربعة مجلدات اسماها «رحلات عبر الالب» (1786-1796) . وزيادة على الملاحظات الممتازة والمفصلة ، يعود إليه الفضل في أنه عرف كيف يستخلص استنتاجات ايجابية انطلاقاً من ملاحظات كلاسيكية حول التجعدات ، التي سبق ذكرها ج . ت نيدهام وجان دي ليمبورغ J.T.Needham et Jean de Limbourg . وفي سنة 1722 و1784 راقب الحشادات (صخر من حصى متكتلة) المنتصبة في فالورسين ، والملتقى الكبير للطبقات الجورية (نسبة الى جبال الجورا) عند شلال نانت دار بيناز ، في واد الآرف . وبدت له ضخامة الظاهرة بأجلى مظاهرها بحيث استنتج أن الترسبات قد هبطت أفقياً ، وإنها قد تجعدت وتثنت قبل أن تحجر ، إنما بسبب ما يزال مجهولاً . إنها لدروس أولى في علم التكتونيك (علم يبحث في قشرة الارض) وأول إشارة الى انحناء نائم .

فضلاً عن ذلك ان هـ . ب سوسور هو أول من أشار الى الارتدادات التي تسمى اليوم الحركات التماسية .

كتب بهذا المعنى ، سنة 1796 في كتابه « رحلات عبر الالب » : « هذا الحدث يعطي مثلاً جميلاً عن الارتداد الذي اعتقد أنه السبب العام في استقامة الطبقات التي كانت أساساً أفقية».

في المجلد الاول من كتابه « رحلات عبر الالب » يعلن سوسور عن عزمه على أن يقدم يوماً ما وجهات نظر عامة شاملة حول الظاهرات الجيولوجية وأسبابها ولكنه في آخر المجلد 4 من هذا الكتاب اعلن عن عدوله عن هذا المشروع ، بعد أن أثنته عنه تنوعية الأحداث الملحوظة .

كتب يقول : «في شبابي، عندما لم أكن قد اجتزت الالب الا من خلال عدد من المعابر ، ظننت أني أدركت احداثاً وعلاقات عامه . . . ولكن بعد سفرات متكررة في مختلف اجزاء السلسلة تبين لي احداث أكثر ، فعرفت أنه لا يوجد في الالب شيء ثابت إلّا تنوعها » .

المدرسة الالمانية - اعتمد جوهان غوطلب لهمان Johann Gottolb Lehmann (1767?) التمييز الذي أدخله ستينون بين الصخور المسماة «الأولية» بدون متحجرات وهي تشكل قشرة منشئية والصخور المسماة «الثانوية » ، وهي رسوبية ، وتحتوي على تحجرات . وبعد أن راقب في جبال هارز وارزبرج ، ميَّز ثماني تشكيلات متتالية : أولية ذات خيوط ، صلصال قديم أحمر ، ترسبات فحم حجرية Houille ، صلصال أحمر ثانوي ، طبشور أزرق ، شيست تكعيبي ، طبشور شيستي وزيشستين وهذا أمر ملحوظ يومئذ (1756) .

وتعتبر مذكرتا ج . ك فوشسل G.C.Fuchsel « تاريخ الارض والبحر . . . »(1762)و« مشروع تاريخ قديم للارض وللانسان » (1773) تقدماً بالمقارنة مع لهمان بتمييز مكان « موشلكالك » والصلصال المبرقش ، بالنسبة الى « زشستين » الكامن في هارز وتورنج . فضلاً عن ذلك عرف فوشسل بعض المتحجرات المتميزة وأضاف إلى كتابه خارطة هي أصل الخارطات الجيولوجية الألمانية .

ولد بيتر سيمون بالاس في المانيا ، وكان احد مؤسسي الجيولوجيا الروسية . استدعته الأمبراطورة كاترين الثانية سنة 1768 ، لكي يشترك في حملة كان عليها أن ترصد مرور الزهرة فوق قرص الشمس . . وارتحل بالاس في روسيا طيلة ست سنوات ، فزار الفولغا ، وشواطىء بحر قزوين والاورال وسيبيريا . وعاد منها بالعديد من المعلومات تهم كل فروع العلوم الطبيعية . وإليه يعود الفضل في اكتشاف وحيد القرن والماموث المحفوظين في ثلوج سيبيريا ، واكتشاف الحجر النيزكي في الينيسي .

وعرض في بحث قرأه أمام أكاديمية العلوم في سان بطرس برج ، سنة 1777 ، وجهات نظره حول تكون سلاسل الجبال التي درس (كوكاز ، أورال ، الطاي) ، فدل على تسلسل دائم في الصخور الغرانيتية وسط السلسلة ، وفي الصخور الشيستية في الخواصر ، ثم الصخور الكلسية في الخارج . هذا التقسيم للطبقات قد يبدو بدائياً ، إنما يجب أن نلاحظ ان ما نشره بالاس سابق لمنشورات هـ . ب سوسور ولمنشورات وارنر .

ورنر Werner والنبتونية - ولد ابراهام غوطلب ورنر (1750-1817) في بروسيا ، واهتم من صغره بالعلوم الارضية اذ ، منذ 1774 ، نشر كتابا كبيرا « في الصفحات الخارجية لاشباه المعادن » . وعُيِّن سنة 1775 استاذاً في أكاديمية المناجم في فريبرغ ، ودرس بعناية ، الخيوط Filons وأراضي

الساكس ، وأوجد علما جديدا « جيوغنوزي » اراد أن يؤسسه فقط على المراقبة ، وعلى المعرفة الايجابية .

وبعد اثنتي عشرة سنة قدم « تصنيف ووصف الاراضي » ثم في سنة 1791 ، لخص في « النظرية الجديدة في تشكيل الخيوط » Filons ، المعلومات التي لا تحصى التي حصل عليها . وتميز ورنر عن ستينون وعن لهمان وعن فوسل ، بعد أن تبني أفكارهم ، أنه كان له مستمعون . فقد كان فكراً واضحاً دقيقاً ، وكان تعليمه يثير حماس الطلاب الذين كانوا يتوافدون إليه من كل بلدان أوروبا .

ووصف ورنر Werner العديد من الصخور ، وحدد العمر النسبي للقشرات المتراكمة ، وبين الاراضي « البدائية » والاراضي « الثانوية » أضاف الاراضي الانتقالية . ودرس بشكل عميق جداً ، الملاذات Gites الشبه معدنية . وفي نظره كانت الخيوط كلها مملوءة Per descensum .

وحاول أن يفسر كل تكونات القشرة الارضية ، لا انطلاقاً من النار ، بل من الماء . فكل الصخور كانت في الاول ، مذوبة في الماء ، ثم ترسبت . وهذه النظرية النبتونية تتعارض بشدة مع البلوتونية عند هوتون Hutton . وهكذا اعتبر ورنر وهوتون الفحم كنتيجة دفن واهتراء Altération المواد النباتية ، ولكن هوتون فسر هذا الاهتراء بفعل حرارة الضغط أما ورنر فرأى فيه المفعول المذيب للاسيد سولفوريك الآتي من البيريت Pyrite .

وفي نظر ورنر Werner ، أودع البحر ، ليس فقط الصخور ذات الطبقات والرسوبية ، بل أيضاً الغرانيت ، وكل الصخور البلورية . وهذه الاخيرة تكونت أولاً ، بفعل كيميائي ، إنها الصخور الأولية .

وتكونت سلاسل الجبال في البحر . ثم برزت عندما تراجع البحر داخل جيوب داخلة في الكرة . وهكذا في نظرية ورنر ، كانت الصخور كلها مكونة بفعل البحر ، والنشاط الداخلي للكرة قد أغفل تماماً . واعتبر وارنر ان البازالت ، كحجر رسوبي ، مترسب في محيط بدائي كان يغطي اعلى الجبال . أما الانفجارات البركانية ، فقد عزاها الى الاحتراق الباطني لطبقات الفحم الحجري Houille . وفي ما خص المكامن شبه المعدنية ، أقر ورنر انه عندما تتلاقى طبقتان خيطيتان Filon فان الاحدث هي التي تقطع الاخرى ، وإنه في ذات الطبقة الخيطية Filon ، تكون المنطقة الاقدم هي الواقعة في الأعماق وقرب الحيّزات الملحية . هذه الملاحظات أتاحت ، التمييز ، ضمن نفس المقاطعة District المنجمية ، طبقات Filons ذات أعمار مختلفة ، بحسب طبيعتها وفرقتها Gangue واتجاهها .

المدرسة البريطانية ـ استمر المؤلفون الانكليز في القرن 18 يستخدمون كلمة جيولوجية ومنهم : بيلي Bailey في كتابه : « جيولوجيا ، معالجة أو وصف للارض » (1736) ، وبنجامان مارتان Ben-jamin Martin في « النحو الفلسفي » Grammaire (1736) ، وجونسون Johnson في « جيولوجيا أو نظرية حول الأرض » (1755) .

وفي انكلترا ، كما في غيرها ، لم يفكر المتأخرون الا في أن يكونوا منسجمين مع الكتاب المقدس ، والطوفان وموسى Moise . وقد علم واعظ شهير ، جون وسلي John Wes-ley (1791-1703) ان البراكين وهزات الارض لم تكن موجودة قبل « الخطيئة » في حين أوضح الفلكي و . وايستون W. Whiston سنة 1708 ، ان الطوفان بدأ نهار الاربعاء 28 تشرين ثاني

وشرح ج . ت . نيدهام J.T.Needham بنية وأصل سلاسل الجبال ، بشكل جيد جداً ، فقال : إنها مؤلفة ، من طبقات محورية المركز ، ذات سماكة واحدة ، ارتفعت ثم انكسرت بعد أن كانت قد اكتسبت نوعاً من المناعة ، بعد حالة السيولة التي كانت عليها يوم ترسبها ، كما يثبت ذلك وجود المتحجرات الحيوانية والنباتية . وسماكتها المتساوية ، على امتداد طويل تثبت، أنها قد ترسبت افقياً . وهذه المعلومات نشرت بتاريخ 1769 وهي سابقة على معلومات جان ليمبورغ Jean de Limbourg (1770) ومعلومات بنديكت سوسور (1776-1784) .

جامس هوتون James Hutton ـ والبلوتونية ـ الاسكتلندي جامس هوتون (1726-1797) الذي ترك الطب ليدرس الجيولوجيا ، لم يبن نظريات من وراء مكتبه ، بل درس طويلاً على الارض . واعتبر كتابه « نظرية حول الارض » المقدمة الى الجمعية الملكية في أدنبره سنة 1875 والمطبوعة سنة 1795 ، غامضاً نوعاً ما. ولم تعرف الشهرة الدائمة إلا بعد أن قام جون بليفير John Playfair (1748-1819) تلميذ هوتون بشرحها ، في كتاب : « توضيحات حول النظرية الهوتونية » (1802) .

لقد شرح هوتون أولاً طبيعة ونشأة الصخور الرّسوبية ، واعتقد أن الشيست الميكاسي Micacés ، وحتى النايس، هي مثل هذه الصخور قديمة جداً . واعتقد أن تجمد الترسبات يعود الى الضغط المتزايد الممارس على القشرات العميقة ، المعرضة لحرارة النار المركزية . ويأتي الوضع الحالي للطبقات البحرية المتحجرة من ارتفاع هذه الطبقات أو القشرات ، لانها لم تعد افقية بل معوجة الشكل وملساء . والتمليس، موجه من أسفل الى أعلى ، يعنف الى درجة أنه يلحق بصخور أكثر قدماً .

وقوتها مرتبطة بالقوة التوسعية للحرارة المتأتية من النار المركزية . ويعترف هوتون ، بعد ورنر Werner ، بتأخر وتخلف الخيوط المعدنية عن الشطائر التي تقطفها وتجتازها . أما الصخور الانفجارية ، والغرانيت بشكل خاص ، فيرى فيها مواداً بعد ذوبانها بالحرارة قد ارتفعت هاربة من أعماق المناطق المعدنية : إن السيولة الاصلية تثبت بالبنية البلورية . لقد تسرب الغرانيت بشكل ظاهر الى الصخور الرسوبية ، ولذا فهو قد جاء بعدها . هذا العرض اصبح جسم عقيدة سمّيت « بلوتونية » وهي تتعارض بشدة مع نبتونية ورنر ، وقد انتصرت عليها أخيراً عندما انضم اليها آ . فون همبولد A. Von Humboldt وليوبولد فون بوش Leopold Von Buch .

وليم سميث William Smith ـ يعتبر وليم سميث (1768-1839) واحداً من مؤسسي الستراتيغرافيا » المطبقة على علم الخرائط Cartigraphie . ومنذ 1799 اقترح « سلماً ستراتيغرافيا للتكونات الثانوية في غربي انكلترا » وأقر تراتباً في التتابع مؤكداً بفعل التعرف على ماهية بعض

المتحجرات المتأتية من مناجم بعيدة عن بعضها البعض . ودرس المتحجرات مع بنجامان ريشاردسون Benjamin Richardson وجوزف تاونسند Faunrend Townsend ، فحدد العمر النسبي للطبقات ، ونشر خارطة ملونة لمنطقة باث ، وهي الخارطات الأولى الجيولوجية الانكليزية . وفيما بعد ، سنة 1815 وسع أعماله حتى شملت الخارطة الجيولوجية في انكلترا وبلاد ويلز .

تصنيف الانواع ـ حتى القرن 18 كان العلماء الطبيعيون يجمعون ، من غير تنظيم كل المتحجرات وحتى كل الاحجار ذات الشكل الغريب الملفت . وكانت هذه الاشياء توصف وتصور ، وحتى تقارن بمجموعات حية إنما من غير أي اهتمام بالصفات التشريحية والمورفولوجية (Morphologiques) . وكانت المحاولات التي قام بها ، في القرن 17 ، موريسون ، وجون راي ، وتورنفور وليبنيز Morison, John Ray, Tournefort et Leibniz ، لتعريف النوع ، ما تزال غير كافية للوصول الى تصنيف عام للكائنات الحية وللمتحجرات . وكان هذا الهدف أقرب الى التحقيق في القرن 18 بفضل وضع الجداول المزدوجة من قبل ليني Linné ، وبفضل محاولات التصنيف الطبيعي للنباتات ، وكلها أمور قام بها آدانسون ، وبرنار ، وانطوان لوران دي جوسيو Adanson, Bernard et Antoine-Laurent de Jussieu .

المدرسة الفرنسية ـ في سنة 1708 ، نشر ج . استروك J.Astruc مذكرة حول المتحجرات في ضواحي مونبليه ، وهي كما يقول المؤلف قواقع تركها البحر المتوسط . في سنة 1720 وفي مذكرة حول القواقع البحرية في رمال منطقة تورين المحاربة، الفرنسية ، يفسر ريومور Réaumurوجود هذه القواقع بشكل فريد . فهي قد حُطت من قبل تيار محيطي آت من المانش ، وهو المسؤول عن كتل قواقع شومون آن فكسان Chaumont-en-Vexin ،عن الحجر الكلسي الخشن من المنطقة الباريسية أو عن توتياء من طبشور الشارتر ، ثم ذهب مرتداً الى الأطلسي في منطقة نيورت ولاروشل Niort et La Rochelle ، حيث ترك الأمونيات Ammonites . . وقدمت هذه المذكرة الى الاكاديمية من قبل فونتنيل Fontenelle الذي شرحها شرحاً بديعاً .

« إنه وإن بقي سيبقى فعلاً على الأرض الكثير من بقايا وآثار الطوفان العام المذكور في الكتابات المقدسة ، فليس الطوفان ، على الاطلاق ، هو الذي اوجد قواقع التورين . . . فهذه القواقع لا بد وأنها قد جاءت ووضعت بهدوء ، وببطء ، وبالتالي في وقت أطول من سنة . ويتوجب إذن ، أو قبل أو بعد الطوفان أن يكون سطح الارض ، على الاقل في بعض الأماكن ، مختلف الترتيب عما هو عليه الآن، وأن تكون البحار والقارات ، في ذلك ، ذات ترتيب آخر ، وأخيراً أن يكون هناك خليج كبير في وسط التورين » .

في سنة 1710 ـ لفظ فونتنيل ـ وهو يقدم الى الأكاديمية أعمال المستحثّات لشوزر ـ هذه الكلمات التي أصبحت كلاسيكية :

« هذه هي أنواع جديدة من الميداليات ، تواريخها هي بدون مثيل ، مهمة وأكثر ضماناً من

تواريخ كل الميداليات اليونانية والرومانية » .

وأهم الاكتشاف الذي قدمه ريومور ايضاً فونتنيل أول فكرة عن الخرائط الجيولوجية : « كتب يقول : لكي يتم الكلام بوثوق عن هذه المادة ، لا بد من الحصول على أنواع من الخارطات الجغرافية المنظمة بحيث تشمل كل أنواع الصدف المدفون في الارض . كم من المعلومات نحتاج وكم من الوقت يلزم للحصول عليها . ومع ذلك من يدري إذا كانت العلوم سوف تتوصل يوماً ما إلى هذا الحد ، على الاقل جزئياً .

وفي فرنسا ، كما في غيرها ، كان هناك متأخرون واشهرهم فولتير ، الذي كان يتكلم باستخفاف ، فلم يتردد ، سنة 1746 ، من وصف برنار باليسي Bernard Palissy بأنه خيالي ، كما زعم بأن القواقع التي يعثر عليها في الجبال قد جلبها حجاج عائدون من سوريا أو من سان جاك دي كومبوستيل . وبالمقابل ، وعدا عن علماء الطبيعة الذين اوجدوا بصبر وأناة علوم الارض ، يجب التذكير بالجهد الفاضل الذي بذله ديدرو وأصحاب الموسوعة الذين كانوا في وسط الصراع ضد النظرية الطوفانية التي نادت بها الكنيسة .

ناقش بنوا مايي Benoist Maillet في كتابه « تليامد » (1748)عبارات صفر التكوين ، والمح الى أن الايام في الكتابات المقدسة هي حقب ، وأنكرباصرار إمكانية حدوث طوفان شامل . وتكلم عن المتحجرات فقال إن الحيوانات والنباتات الارضية هي من سلالة الحيوانات والنباتات التي كانت تعيش في البحر الشامل الذي أدى تراجعه إلى ظهور الجبال .

واشتهر جان ـ ي غيتار Jean-E. Guettard (1715-1786) ، في سنة (1746) بنشر كتاب (بثلاث سنوات قبل نشر كتاب نظرية الارض لبوفون Buffon) عنوانه : « مذكرة وخارطة منجمية حول طبيعة وحول وضع الاراضي التي تتكون منها فرنسا انكلترا » وفي هذا الكتاب بين غيتار عن وجود نوع من الانتظام في التوزيع الذي حصل في الصخور والمعادن وغالبية المتحجرات الاخرى . وفي الاجمال ميز في خارطاته الجيولوجية 3 مناطق مركزية : الرملية والصلصالية ثم الشيستية أو المعدنية . وأكثر من ذلك قسم غيتار كل واحد من تقسيماته الى 4 قشرات ذات طبيعة متنوعة ، بواسطة 50اشارة اصطلاحية دالة على الاحجار وعلى المقالع وعلى الجيوب التحجيرية وعلى المنابع الحرارية الخ . .وحقق بهذا أول خارطة جيولوجية تستحق هذا الاسم . وكان لافوازيه مشاركاً ناشطاً لغيتار في مشروعه الكبير « الاطلس المعدني والمنجمي لفرنسا » والذي تضمن 214 ورقة ، واستخدم 211 مصطلحاً .

ونشر غيتار العديد من الملاحظات والمعلومات حول المتحجرات ، وحول جفصينيات باريس ، وحول ثلاثيات الفصوص انجرس الشستية،وحول ثدييات الجفصين الباريسية،والنوميات وأشباه المعادن في الدوفينه (1779) . واحذ اكتشافاته الأساسية حصل في منطقة أو فرنيا عند رجوعه من ايطاليا. وعند كلامه عن فولفيك Volvic قرب كليرمون Clermont صرح : « فولفيك ، فولكاني فيكوس » ، وأعلن أمام أكاديمية العلوم في 10 أيار 1752ان العديد من الجبال في وسط فرنسا هي براكين قديمة . ولم

يصدقه احد يومئذٍ . وأكمل دراساته سنة 1759 ، ولكن للعجب ، لم يهتدِ بأن البازلت هو صخرة بركانية .

وقام نيقولا ديماري Nicolas Desmarest (1725-1815) ، بعد زيارة لايطاليا ، بوضع خارطة مفصلة لبراكين اوفرنيا ، وبين الاصل البركاني للبازلت ـ وهو أصل لم يقبل به كوفيه Cuvier سنة 1808 ـ وعرف ديماري Desmarest ماهية تركيب البراكين الملتهبة والبراكين المنطفئة .

ويبدو أيضاً أن ن . ديماري هو أول من ميز بوضوح الثنيات المقعرة (... ت منحنية بشكل قوس مقعر) والثنيات المحدودبة (وهي طبقات محدودبة بشكل قوس محدودب) كما ميز التشويهات التي نعبر عنها اليوم بكلمة متقعّرة ومتحدّبة وهاتان الكلمتان أوجدهما كونيبير وبوكلاند Con-ybeare, Buckland سنة 1822 ونذكر أيضاً اسم الاباتي بلاسو Palassou واليه يعود الفضل في كتاب عنوانه : « بحث في علم المناجم في جبال البيرنييه » (1781) . وعرف بلاسو اولاً الوضع المتوازي العام للقشرات بالنسبة الى محور السلسلة . وعزا انخفاض الوديان الى الحت الذي أصابها بفعل مجاري المياه (وليس بفعل البحر كما هو معتقد شائع عموماً) . واقترن بحثه بخارطة جيولوجية للمنحدر الشمالي من السلسلة المدروسة .

عمل بوفون **Buffon** ـ أخذ بوفون عن ديكارت وعن نيوتن وعن ستينون وعن ليبنيز فكرة النار المركزية ، وجعل منها أساساً لنظام فصله في « نظرية حول الارض » وفي « ازمنة الطبيعة » .

وفي سنة 1749 نشر « نظرية الارض » . وفيها انتقد بشدة هذرات فولتير ، وبين تشتت المتحجرات ، وميز الأنواع الداخلية والأنواع الشاطئية وأشار إلى الزوال الكامل لبعض الأشكال مثل قرون آمون .

وبعد ديماري عرف بوفون الاصل الناري للبازالت ولاحظ أن نار البراكين لا تأتي من النار المركزية ، ولا حتى من عمق عميق ، لان « الهواء ضروري جداً لاشتعالها ، أو على الاقل لاستمراريتها » . وكان بوفون قليل الرغبة في الصدام مع الكنيسة ، فكتب يقول « ان الارض كانت قبل الطوفان ، كما هي اليوم تقريباً » . وعزا تكون الجبال أولاً الى فعل البحر فقط ولكنه في الطبعة الثانية أكد « ان الجبال لم تكن مؤلفة بفعل المياه بل بفعل النار الأولى . ولم تعمل المياه إلا في المرحلة الثانية » .

وفي سنة 1778 نشر بوفون كتابه الكبير « ازمنة الطبيعة » ، وهو كتاب طويل فضفاض ، أحياناً قليل الوضوح ، مثقل بالتاملات الفلسفية ، ولكنه يتضمن أفكاراً عديدة أصيلة بعضها رفضته كلية اللاهوت في باريس . واكتفى بوفون بالاسباب الحالية ليفسر الظاهرات القديمة ؛ فضلاً عن ذلك لقد جهل هذه وتلك أي الظاهرات القديمة والحديثة ، نظراً لانه قليل الاتصال المباشر بالطبيعة . وكان ذا ذكاء عجيب فعالج كل المواضيع وعرض أفكاراً جديدة خالصة .

وكان أول من تجرأ على التعبير عن رأي واضح حول مدة الازمنة الجيولوجية . كتب يقول : « إن

القشرات المتراكمة نتجت عن ترسبات تحت المياه ، ترسبات امتدت طيلة آلاف السنين وليس فقط بخلال أيام الطوفان الاربعين » .

وقسم بوفون هو أيضاً تاريخ الارض الى 6 حقب ، وكانت عنده الجرأة العظيمة ليحدد مدتها الدنيا بـ 75 الف سنة . وأجاب على الاعتراضات التي وجهت إليه ؛ باختراع طريقة الحساب المتعلقة بمدة الترسب . ولاحظ رقة أوراق الإردواز ، ولاحظ أن الموجة في ارتفاعها قلما ترسب إلا 1/12 من خيط سماكة الترسبات . مما يجعل الترسب السنوي محدوداً بـ 5 بوصات وهذا يقتضي 14ألف سنة لترسيب تلة صلصالية من 1000 قامة كارتفاع . وأضاف أن الـ 75الف سنة التي ذكرها ليست إلا مقداراً غير كافٍ على الاطلاق .

وأيد بوفون الزوال الكامل لبعض المجموعات الحيوانية المتحجرة تماماً ، مضيفاً الى قرون آمون Ammon والاحجار النوميسمية (نسبة الى النوميليت) ومضيفاً أيضاً البلمنيت وأحجار جودية (مسلات التوتياء Oursins)، الخ . وسوف تستعاد أفكاره حول تطور الأنواع ، التي درست سابقاً[1] ، في القرن التاسع عشر تحت تسميات المنافسة الحادة ، والانتقاء الطبيعي وتأثيرات المكان . نذكر أخيراً أن بوفون هو أيضاً مبتكر علم المستحثّات . لقد عرف إلى حد ما أجناس الحيوانات الثديية الحديثة في العالمين القديم والجديد ، واستنتج منها أن هاتين القارتين كانتا متصلتين في الماضي وإنهما لم ينفصلا إلا في « الحقبة السادسة » .

وكان لانتاج بوفون المهم نجاح ضخم وساهم تماماً في نشر حب العلم الطبيعي . واحتوى تأليفه أموراً جديدة سوف تأخذ كل قيمتها في القرن التاسع عشر .

دولوميو Dolomieu ـ في السنة الخامسة وفي السنة السادسة من الجمهورية الاولى الفرنسية ، زار ديودوني دولوميو (1750-1801) قسماً من جبال الالب ، واخذ يتثبت مكانياً من معلومات هـ . ب . سوسور . وفي تقرير نشر في جريدة المناجم عرض تصوراً لظاهرات التغطية التي كانت في أساس نظرية « مستنقعات النقل». وهذه الظاهرة بدت عجيبة الى درجة تحملنا على ذكر النص الاساسي ، رغم ما فيه من غموض ورغم الاسباب الغريبة الواردة فيه :

« إن تفسير هذا الوضع (استقامة وانتصاب الطبقات سترات) ، لا يمكن أن يكون نشوئياً ، ومن كل الشذرات والاضطرابات الظاهرة الملحوظة في هذه الجبال ، لا يمكن أن يحدث الا بافتراض وجود صدمة تضرب بشكل منحرف القشرة المتجمدة من كرتنا ، بحيث دفعتها وكسرتها بعنف ثم ازاحتها ورفعت قواعدها فأجبرت بعضها على التقوس وعلى التصادم فيما بينها بحيث ساندت بعضها بعضاً في الهواء، كتلك الكتل التي كونت « الجبل الابيض » في حين ان الاخريات ، وقعت بعد الرجفة فمادت واضطربت فوق الكتل الدنيا ، وهكذا تدعمت في وضع لا يبعد كثيراً عن وضعها المنشئي . تلك هي الكتل التي يتكون منها المنزوز » .

---

(1) انظر الفصل حول مشاكل البيولوجيا .

جيرو ـ سولافي Giraud-Soulavie ـ كان جان لويس سولافي Jean-Louis (1752-1813) Soulavie ، الذي لبس ثوب الرهبان تحت اسم جيرو Giraud ، المؤسس الحقيقي لعلم البليانتولوجيا الستراتيغرافية ، كما كان بذات الوقت احد طليعيي التحولية . وكان أيضاً أول من تصور ماهية مدة الازمنة الجيولوجية .

وفي سنة 1772 اكتشف جيروسولافي براكين فيغاري وقارنها فيما بعد بحمم أجدْ . واشار بأن انسيابات حمم فيغاري كانت تقطع بعمقها بمجاري المياه ، وإن كتلها كانت تنقل إلى حوض نهر الرون ، بعيداً بعيداً نحو المصب . واعتقد أن هذا العمل الانحتاتي والنقلي قد دام طويلاً جداً ، فتصور ترتيباً زمنياً مرتكزاً على زمن حفر الوديان . وربما استلهم من عمل سابق قام به هـ . غوتيه H.Gautier من نيمس ، صدر سنة (1723-1724) ؟ وعلى كل توصل جيرو الى أرقام تجاوزت المدة التاريخية الواردة في الكتابات المقدسة .

وجاء الى باريس سنة 1778 قاصداً وضع « جغرافيا فيزيائية لفرنسا » . ولقيت فكرته هذه ترحيباً فتبنتها الاكاديمية . وبدأ ظهور كتاب « التاريخ الطبيعي لفرنسا الجنوبية » بـ 7 مجلدات ، سنة 1780 . ولكن أفكار جيروسولافي Giraud-Soulavie لقيت معارضة من بوفون ، فلم ترحب بها جماعة المفكرين المتزمتين . وبين نشر بعض مقالاته التي يحدد فيها المدة التقريبية للظاهرات الجيولوجية بعدة مئات من الملايين من السنين ، ضخامة اختلافه مع الكتابات المقدسة . واجبروه يومئذٍ ، اي سنة 1784 ، وعمره 32 سنة ان لا يبحث في الجيولوجيا ومنعوه من نشر المجلدين الاخيرين من كتابه . ومنذ 1779 كتب يقول أنه بالامكان تصنيف الاراضي الرسوبية بحسب المتحجرات التي تحتويها :

« إن النباتات المجهولة ، والمدفونة في الصلصال القديم والقواقع البحرية المدفونة في الرخام الاولى قد احتلت ، وهي الاولى ، مملكة البحار والارض . . . ومن بين القواقع هناك عائلات وجدت قبل اخرى . . . والطبيعة قد كثرت العائلات ، وإنما حسنتها دائماً ، وذلك بشكل متزايد فأوجدت أولاً الاكثر بساطة ثم الاكثر تعقيداً . . . » .

وقد توصل بعد ذلك الى قسمة تاريخ الاراضي الرسوبية الى 5 حقب : العصر الاول وفيه الحيوانات المتحجرة التي لم يعد لها مثيل في عالمنا الحالي (من هذه الحيوانات المتحجرة : اورتوسير ، بلمينت ، امونيت) ؛ والعصر الثاني اظهر خليطاً من هذه المتحجرات نفسها مع غيرها من التي لها حتى اليوم شواهد تمثلها، مثل المشطيات والقواقع؛ والعصر الثالث «وفيه قواقع حديثة تعيش ذرياتها حتى اليوم في البحار وهي تقطن في الحجر الطري والكلسي » ؛ والعصر الرابع وهو عصر الشيست المتشجر في كوارون (في ميوسين) ؛ والعصر الخامس وفيه تجمعات وتراكمات تحتوي على أنياب الفيلة .

وركز جيروسولافي على زوال الحيوانات القديمة زوالاً تاماً ، ثم استبدالها بأخرى سوف تهلك بدورها . وتبين بأنه طليعيٌ من رواد التحولية ، عندما أكد بأن تكاثر الأشكال ، تكاثراً معروفاً في كل عائلات العالم العضوي ، يتأتى عن فساد الأشكال القديمة بتأثير من البيئة (ارض حرارة غذاء الخ) . وخضع هذا الرائد العبقري الذي طلب اليه أن يسكت فسكت وترك الجيولوجيا . وعندما جاءت

الثورة الفرنسية استغل الحريات الممنوحة الجديدة لكي يوضح سنة 1763 بأن زوال دفعة وحيدة من الحمم المنسابة يمكن أن يدوم أكثر من 6 ملايين سنة . إن جيروسولافي قد تخطى حاجز سفر التكوين وافتتح علم الجيولوجيا الحديث .

II ـ ما قبل التاريخ

يدرس « قبل التاريخ » ، وهو الفصل الاخير من علم الجيولوجيا ، الازمنة القديمة السابقة على التاريخ ، وتطور البشرية طيلة المليوني سنة التي تشكل ازمنة العصر الرابع عند الجيولوجيين . ويدرس هذا الرابع بالاستناد الى الترسبات ، والى الحيوانات والنباتات المتحجرة التي عثر عليها فيه ، والبشر المتحجرين والصناعات البشرية (الصوان المصقول في أغلب الاحيان) .

هذا الدرس يفترض اذن بصورة منسبقة معرفة الصناعات البشرية السابقة على المعادن ، معرفة العصور القديمة في حياة الانسان وتعاصرية الحيوانات والنباتات المتحجرة . هذه التصورات كانت صعبة التحصيل في عالم متعود على أن لا يحسب حساباً إلا لما هو وارد في « الكتابات المقدسة » وإلا حقيقة الطوفان الكوني . إلا أن بعض الاسئلة سوف تطرح في القرن 18 من قبل بعض الرواد .

الاتنوغرافيا المقارنة ـ كانت الفؤوس المصقولة أو الململمة تحمل دائماً اسم « سيرونيا » او « حجر الصاعقة » ، عندما ظهر سنة 1717 كتاب بعد ممات صاحبه لميشال مركاتي Michele (1541-1593) Mercati « المتالوتيكا » حيث يوجد تصور أكثر صحة .

كتب مركاتي : « إن أغلب الناس يعتقدون أن « السيروني » تخلقها الصاعقة . ويرى الذين يدرسون التاريخ أنها قد انفصلت بصدمة عنيفة من الصوان الصلب جداً ، وقبل استعمال الحديد ، من اجل جنون الحرب . لان اقدم الرجال كانت سكاكينهم شظايا الصوان » .

وبعد عدة سنوات شبه آ . جوسيو A. de Jussieu واليسوعي لافيتو Lafitau (1724) والقاضي ماهودل Mahudel هذه الادوات الحجرية عند اجدادنا ، بالاسلحة الحجرية لدى الشعوب المتوحشة الحالية ، وبينوا تشابهها . إنها أولى المحاولات في علم الاناسة المقارنة (اتنوغرافيا) .

في سنة 1715 عثر صيدلي وانتيكاتي لندني Londres كونيرز Conyers في بحصاصات على فأس مقصوبة في جوار هيكل فيل . وأطلق صديقه باغفورد Bagford الفرضية بأن هذا الفأس قد ادخلها الرومان ، في ظل حكم الامبراطور كلود Claude . وفي أواخر القرن 18 ، اكتشف انكليزي آخر ، جون فرير John Freire اكتشافاً مماثلاً في هوكسن في سوفولك ، وأعلن أنه « يعود الى حقبة أكثر بعداً في التاريخ ، وأبعد بكثير عن عالمنا الحاضر » . ومرت هذه الملاحظة المدهشة ، غير منظورة . إنها المرة الأولى ، ربما ، التي يشار فيها إلى قدم الانسان القديم ، إنسان عاش مع الحيوانات البائدة .

عصر العمالقة ـ كان ما قبل التاريخ محكوماً ، في القرن 18 ، بعادة اعتبار الكتب المقدسة

وكأنها علميا وحرفيا صحيحة . حتى إن إمكانية وجود الناس المتحجرين لم تظهر إلا في السنوات الاخيرة من القرن . والمسألة لم تكن تطرح بجدوى ، إذ كان من المقبول ان الاقدمين كانوا عمالقة أكبر منا بكثير . لقد حطم الطوفان الكوني كل البشر باستثناء نوح وعائلته ، واذن لا جدوى من البحث عن جدود .

ويمكن أن نقرأ في سفر التكوين ما يلي : « في ذلك الزمان ، كان هناك عمالقة على الأرض بعد أن تقدم ابناء الله نحو بنات البشر فأعطوهن الاولاد . هؤلاء الابطال هم الذين كانوا مشهورين في العصور القديمة » (ك ، 6 ف ، 4) .

وهكذا آمن الناس في العصور القديمة والقرون الوسطى وعصر النهضة بوجود العمالقة . وفي القرن السادس عشر كان الكهان يحتفظون في كنيسة فالنسيا Valence ، في اسبانيا بناب من فيل متحجّر يقال أنه من سان كريستوف، وفي كنيسة أخرى أسبانية كان هناك عظم ساق فيل متحجّر يُتبرَك به وكأنه ذراع قدِّيس . وفي سنة 1714 ، تلقت الجمعية الملكية مذكرة من الدكتور كوتنماذر Cotton Mather من بوسطن يقول فيها أن عظام الماموث التي أكتشفت في ألباني سنة 1705عرضت وكأنها عظام عرق ملعون مابق على الطوفان . وفي القرن الثامن عشر تحدث شوزر Scheuchzer عن عظام عملاقة وجدت سنة 1577 في جوار لوسيرن ، وقد عزاها فليكس بلاتر Félix Platter ، أستاذ كلية الطب في بال إلى إنسان طوله 17 قدماً .

وكان التركيب الجسدي التشريحي لاجدادنا مجهولاً جداً حتى أن شوزر Scheuchzer ، وهو عالم طبيعي موهوب صنف سنة 1726 ، تحت اسم الرجل الشاهد على الطوفان بأن له هيكلاً عظمياً شبيهاً بهيكل السلمندر المتحجر في منطقة أونينجن في سويسرا. وهذا الوصف أورده ثانية أ. ج . ديزاليبه A.J.Dezallier من أرجانفيل ، وليس إلا في سنة 1787استطاع المشرح كمبر أن يتعرف فيه على زحافة ، حددها فيا بعد كوفيه Cuvier .

ولم يخف موضوع الانسان المتحجر على بوفون ، اذ ، في سنة 1778 ، في « ازمنة الطبيعة » أشار أن الانسان برأيه متأخر جداً عن الفيلة وعن وحيدات القرن المتحجرةالتي وجدت عظامها وأنيابها، في رسوبات نهر السين وغيره من المجاري المائية . ورغم هذا الخطأ ، كان لبوفون فضل اتخاذ موقف وتوضيح رأي معاصريه .

وليس إلا في سنة 1797 ،حين طرح جون فرير John Frère مسألة الانسان الاقدم وقدمه ، إنسان معاصر للحيوانات الزائلة .

III ـ علم أشباه المعادن

قدمت انسيكلوبيديا ديدرو و دالمبير Didrot, d'Alembert في سنة 1765 «للمينيرولوجيا»، بقلم البارون هولباخ Holbach ، تعريفاً يشمل كل علوم الارض : « كتب هولباخ : المينيرولوجيا ،

بكل اتساعهـا ، هي القسم من التاريخ الطبيعي الذي يهتم بمعرفة مواد العالم شبه المعدني ، اي بالاحجار ، والاملاح ، والمواد الملتهبة ، وبالمتحجرات ، اي ، بكلمة ، بالاجسام غير الحية ، وغير المزودة بأعضاء حسية ، والموجودة في باطن الأرض وفوق سطحها . ويعنيّ أقل اتساعاً يفهم بكلمة مينيرولوجيا سلسلة الاعمال المستحدثة من اجل استثمار المناجم ، وعندها يدخل التعدين في علم المينيرولوجيا » .

وإلى جانب هذا التعريف غير الكافي أيضاً ، نجد أفكاراً موفقة جداً حول دور الملاحظة والعمل على التربة : « البحوث الحادثة في المختبر ، والمعارف المكتسبة في الكتب لا يمكن أن تشكل عالماً مينيرولوجياً ؛ إن عليه أن يقرأ في كتاب الطبيعة الكبير ؛ وعليه بالغوص في أعماق الأرض يترقب أعمالها الخفية ؛ وعليه أن يتسلق ذرى الجبال الصعبة ؛ وعليه أن يتجول في مختلف المناطق ، حتى يتوصل الى اقتلاع بعض الاسرار من الطبيعة التي تخفي عن ابصارنا أسرارها .

ان المينيرولوجيا كما نفهمها ، لم تكن يومئذ علماً مستقلاً . في القرن 18 بحث فالريوس ووِرنر Wallerius, Werner عن قواعد لتحديد وتصنيف اشباه المعادن ، في حين عكف برغمان وكرونستد وي فون بورن Bergman, Gronstedt, I. Von Born على تركيبها الكيميائي . وكانت النتائج التي حصل عليها هؤلاء غير واضحة ؛ فقد اعتبروا مثلاً الفلسبار « كتراب صواني » ، متحد بالصلصال وبقليل من المنغنيز » .

وقد اعتبر توربن برغمان Torbern Bergman (1735-1784) في أغلب الاحيان ، كرائد سابق على هاوي ، لأنه قدم تفسيراً لانتقال الموشور السداسي المنتظم الكلسيتي الى الموشور السداسي والى الأخمعي . والواقع أن وجهات النظر مختلفة نوعاً ما . ففي حين اكتفى برغمان بمجرد الملاحظات الجيومترية ، فيما يتعلق بالانتقال من شكل الى آخر دون أن يحاول تفسير الأصل ، ركز هاوي Haüy استخلاصاته على نظرية عامة حول بنية البلوريات (ش. موغوين) .

وقد ركز ليني على الاشكال المتبلرة (1735) ، ولكنه اعتقد أن كل المعادن من نفس الاشكال الجيومترية لها تركيب كيميائي متماثل . في سنة 1745 ، أشار الكيميائي الروسي لومونوسوف Lomonossov في كاتالوغ مهم لاشباه المعادن ، الى ثبات الزوايا الزوجية (dièdres) في بعض المتبلرات ، ولكن عمله بقي مجهولاً من قبل علماء الطبيعة في أوروبا الغربية . وفي سنة 1772 ، وفي « محاولة حول علم المتبلرات » وضح رومي دي ليسل Romé de L'Isle (1736-1790) معارف عصره ، وفي سنة 1783 ، اكتشف مع تلميذه آ . كارانجو A. Carangeot قانون ثبوتية فتحة الزوايا الزوجية (dièdres) في المتبلرات من نفس النوع كما اكتشف أسلوب البتر (Troncature) . وأشار الى أهمية علم المتبلرات Cristallographie (وهو الذي ابتكر الاسم) .

وبهذا الشأن كتب في « بحث في علم المتبلرات » (1772) : « إن الكتاب الذي اعرض على الجمهور ، ليس تدويناً كاملاً كما تقتضيه الحالة الحالية لمعارفنا بل هو ليتولوجيا ، تؤدي ، مع

المينيرولوجيا ، الى افكار عامة حول نظرية الارض ، التي لم يبحثها ويستنفدها اي علم ،إذاً لم تكن المتبلرات هي أساس هذا النظام وسنده الثابت » .

ووجد معارضاً خطراً له في شخص بوفون الذي لم يعط الاشكال المتبلرة الا أهمية ضئيلة لان فهمه لها كان تبسيطياً .

كتب بوفون بهذا الشأن : « يمكن القول بكل جدية أنه لم يكن هناك الازجاج بدائي واحد هو الكوارتز، والذي تغير مادته بملون الحديد ، أخذ شكل اليشب وشكل الميكا ، عن طريق تقشّر للاثنين ، وهذا الكوارتز بالذات ، مع كمية أكبر من الحديد ، وغيره من المواد المتنافرة تحول الى فلسبارات والى سكورل . ومن خلال هذه الاشكال الخمسة حددت الطبيعة عدد الزجاجات الأولى التي انتجتها النار الأولية ، ومنها ركبت فيما بعد كل المواد الزجاجية المعروفة في عالم أشباه المعادن » .

أما الخصائص الذاتية ، فقد وقف بوفون عند الصلابة ، وعند الثقل النوعي ، وعند الانسجامية ، وعند الانصهارية والاحتراقية . إن الشكل البلوري ليس إلا أمراً عارضاً . وكل هذا يدل بوضوح على أنهم كانوا لا يعرفون بوضوح ماهية النوع المنجمي « المينيرالوجي » ، وإنهم كانوا لا يعرفون كيف يحددون صفاته الاساسية . الكيميائيون وحدهم كانوا يعتبرون النوع المنجمي كمجموعة من الكائنات غير العضوية ، المتشابهة في تركيبها الكيميائي .

رنيه ـ جوست هاوي René-Just Haüy ـ علّم المينيرولوجيا في « بستان الملك » صديق لبوفون ، هو الزوولوجي دوبنتون Daubenton (1716-1800) . وكان من بين تلاميذ هذا الاخير كهنوتي شاب ، رينه جوست هاوي (1742-1822) الذي سوف يصبح المؤسس الحقيقي للمينيرولوجيا الحديثة .

وفي سنة 1770 ، اخذ الاباتي هاوي ، وهو استاذ في كلية كاردينال لموان ، يتردد على محاضرات دوبنتون Daubenton . كان هذا الاخير عالماً بالنبات وهاوياً للمتبلرات ، وكان يعجب من أن أشباه المعادن لها أشكال متبلرة متنوعة ، في حين أن الازهار من نفس النوع لها عدد وحيد من البتلات . وأهمه موضوع بنية المتبلرات ، فلاحظ أنه عندما يفصل اجزاء من بلور موشوري من الكالسيت ، بواسطة شفرة سكين ، مولوجة « داخل المفاصل الطبيعية الواقعة بين الشفرات التي يُشكل مجموعها الموشور»، نحصل على موشور سداسي أكثر فأكثر صغراً ، إنما دائماً كاملاً . فاستنتج إمكانية الحصول على موشور سداسي أصغر فأصغر أيضاً ، أي جسيمات هي خلايا كاملة .

وكان هناك مذكرتان تمهيديتان ، الاولى حول بنية المتبلرات من البجادي (عرضت على أكاديمية العلوم في 21 شباط 1781) ،والاخرى حول بنية السبات الكلسي (22 كانون الاول) ، طبعتا بسمتها المراحل الاولى من عمله . وطور نظريته التي طبعت بطابعها بدايات علم الكريستالوغرافيا في كتابه « بحث في نظرية بنية المتبلرات ، مطبقة على العديد من أنواع المواد المتبلرة » (1784) .

كان الاباتي هاوي عضواً في أكاديمية العلوم ، منذ 1783 (فرع البوتانيك) . وسمي سنة 1795 عضواً في « الانستيتوناسيونال » ، ثم استاذاً في مدرسة المناجم ، واستاذاً للمينيرولوجيا في المتحف سنة 1802 . وفي سنة 1801 كان قد نشر كتاباً عن المينيرولوجيا (خمسة مجلدات ، منها اطلس صور ؛ والطبعة الثانية ، سنة 1822) ، وفي سنة 1822 نشر كتابه « مبحث في الكريستالوغرافيا » (ثلاثة مجلدات واحد للوحات) .

وندين الى هاوي بمعرفة بنية المتبلرات : لقد رأى في كل بلورة مجموعة من البوليدرات الصغيرة المتساوية فيما بينها (سماها خلايا متكاملة) ، تلتصق بوجوهها ، أما شكلها فمؤلف بالنظر الى سطوح التماس أو التقاطع ، والصفائح (Stries) الخ ، أو بظهور أشكال ثانوية متفرعة من الشكل الأولي وفقاً لقوانين معروفة . لقد كانت فكرة التقاطع أو الشقوق (وكان يسميها مفاصل أو «مرابط»وتفسير التجذيعات Troncatures ، تقدماً جديداً وحاسماً

وبعد أن اكتشف هاوي قوانين بنية أشباه المعادن طبقها على التبلر . ولهذه الغاية عرف « النوع » المينيرولوجي « كمجموعة من الاجسام ذات الخلايا المتكاملة المتشابهة بأشكالها والمؤلفة من نفس المبادىء ، الموحدة فيما بينها بنفس النسب » ثم قسم فيما بعد الأنواع المينيرالية الى خمس طبقات : حجارية وملحية ، محترقة غير معدنية ، ثم معدنية ، من أصل ناري ، ثم بركانية .

وامتد عمل هاوي بآنٍ واحد فوق القرن 18 والقرن 19 . وعمله سوف يدرس في المجلد التالي .

دراسة اشباه المعادن بالميكروسكوب ـ في القرن السابع عشر اخذت الطرق البصرية تطبق على علوم الارض ، بفضل ملاحظات آ . فان ليونهوك A.Van Leeuwenhock الجيدة ، بشكل خاص ، وهو أب علم الأواليات ، وبفضل ملاحظات روبرت هوك Robert Hooke ، الذي أنشأ علم التشريح المقارن في النباتات الحية والمتحجرة .

في سنة 1672 لاحظ هويجن Huygens تسرب شعاع ضوئي يجتاز بلورة من المعدن الآيسلندي الصافي . ورغم الاستكمالات التي أدخلت على صنع الميكروسكوبات ، فإن القسم الأعظم من القرن 18 لم يشاهد تقدماً ملحوظاً في الدراسات الميكروسكوبية . ولكن في سنة 1782 ، نشر دوبنتون Daubenton عملاً مفيداً في المينيرولوجيا الميكروسكوبية ، بين فيه الطبيعة الحقة للداندريت Dendrites ثم جاءت فيما بعد دراسة دولوميو Dolomieu (1794) ثم في سنة 1800 ، دراسة وصف فيها فلوريان دي بلفو Fleurian de Bellevue حمم ضواحي روما .

وهكذا عرف القرن 18 نهضة مشرقة في الجيولوجيا ، كما شاهد ولادة نظريات منافسة ، وملاحظات أساسية حول طبيعة المتحجرات ، وتقديرات أولية لعمر الكرة الارضية ، والملاحظات الأولى في مجال ما قبل التاريخ والولادة الحقة للمينيرولوجيا .

مراجع القسم الثالث

مؤلفات عامة

Ouvrages généraux : Collection « Peuples et Civilisations », t. XI : *La prépondérance anglaise* (P. Muret et Ph. Sagnac, Paris, 1951) ; t. XII : *La fin de l'Ancien Régime et la Révolution américaine (1763-1789)* (Ph. Sagnac, 1952), et XIII : *La Révolution française* (G. Lefebvre, nouv. éd., 1963) ; Collection « Clio » : *Le XVIIIe siècle* (2 vol., E. Préclin et V.-L. Tapié, Paris 1952-1953) ; Histoire générale des civilisations, t. V : *Le XVIIIe siècle* (R. Mousnier et E. Labrousse, 5e éd., Paris, 1967) ; Ch. Morazé, *Les bourgeois conquérants*, Paris, 1967 ; O. Lindsay, *The Old Regime, 1713-1763*, Cambridge, 1957 (« The New Cambridge Modern History ») ; H. R. Smith, *A history of modern culture*, t. II : *1687-1776*, New York, 1934 ; D. Mornet, *Les origines intellectuelles de la Révolution française*, nouv. éd., Paris, 1947 ; Id., *La pensée française au XVIIIe siècle*, Paris, 1929 ; P. Hazard, *La pensée européenne au XVIIIe siècle*, Paris, 1946 ; L. Réau, L'*Europe française au siècle des lumières*, Paris, 1938 ; *L'Encyclopédie et le progrès des sciences et des techniques*, Paris, 1952 ; G. Bachelard, *La formation de la pensée scientifique*, Paris, 1938 ; H. Duby et R. Mandrou, *Histoire de la civilisation française*, t. II, Paris, 1958; C.H. Alexander, *The Leibniz-Clarke correspondence*, Manchester, 1956; H. Metzger, *Attraction universelle et religion naturelle chez quelques commentateurs anglais de Newton*, Paris, 1988.

مؤلفات تتعلق بمجمل العلوم

Ouvrages touchant à l'ensemble des sciences : Bibliographies précédemment signalées de Poggendorff, Sarton et Russo. Ouvrages signalés dans les bibliographies précédentes de Boll, Clagett, Crombie, Daumas, Hall, Hanoteau, d'Irsay, Maindron, Mason, Papp et Babini (vol. 8 et 9), Pledge ; A. Wolf, *A History of science, technology and philosophy in the XVIIIth century*, 2e éd., London, 1952 ; *Die Berliner und die Petersburger Akademie der Wissenschaften im Briefwechsel Leonhard Eulers*, 2 vol., Berlin, 1959-1961 ; R. Taton, éd. *L'enseignement et la diffusion des sciences en France au XVIIIe siècle*, Paris, 1964.

رياضيات

Mathématiques : Ouvrages cités de Amodeo, Archibald, Ball, Becker et Hofmann, Bourbaki, Boutroux, Boyer, Braunmühl, Brunschvicg, Cajori, Cantor (t. III *(1668-1758)* Leipzig, 1901 ; t. IV *(1759-1799)*, 1908), Chasles, Coolidge, Dedron et Itard, Dickson, Geymonat, Hofmann, Kästner, Loria, Montucla, Smith, Todhunter, Tropfke ; E. Fueter, *Geschichte der exakten Wissenschaften in der schweizischen Aufklärung (1680-1780)*, Aarau, 1941 ; J. F. Scott, *A history of mathematics*, Londres, 1958 ; N. Nielsen, *Géomètres français du XVIIIe siècle*, Paris, 1934 ; Id., *Géomètres français sous la Révolution*, Paris, 1929 ; J.-B. Delambre, *Rapport historique sur les progrès des sciences mathématiques depuis 1789*, Paris, 1810 ; F. Cajori, *A history of the conception of limits and fluxions in Great Britain from Newton to Woodhouse*, Chicago, 1931 ; Th. Muir, *The theory of determinants in the historical order...*, t. I, 2e éd., Londres, 1906 ; G. Loria, *Il passato e il presente della principali teorie geometriche*, 4e éd., Padoue, 1931 ; Id., Perfectionnements et évolution du concept de coordonnées (*Osiris*, t. 8) ; Id., *Storia della geometria descrittiva*, Milan, 1921 ; R. Bonola, *Non-euclidean geometry*, Chicago, 1912 ; J. L. Coolidge, *History of the conic sections and quadric surfaces*, Oxford, 1945 ; D. J. Struik, Outline of a history of differential geometry (*Isis*, vol. 19 et 20, 1933-1934) ; *Der Briefwechsel von Johann Bernoulli*, vol. 1, Bâle, 1955 ; H. Auchter, *Brook Taylor*, Würzbourg, 1937 ; C. Tweedie, *James Stirling*, Oxford, 1922 ; Id., The « Geometria Organica » of Colin Maclaurin (*Proc. of the Roy. Soc. of Edinburgh*, vol. 36, 1916) ; L. Hanks, *Buffon avant l'« Histoire naturelle »*,

Paris, 1966 ; L. G. du PASQUIER, *Léonard Euler et ses amis*, Paris, 1927 ; R. FUETER, *Léonard Euler*, Bâle, 1948 ; *Briefwechsel Euler-Goldbach, 1729-1764*, Berlin, 1965 ; P. BRUNET, *La vie et l'œuvre de Clairaut*, Paris, 1952 ; R. TATON, *L'œuvre scientifique de Monge*, Paris, 1951 ; G. SARTON, Lagrange's personality (*Amer. phil. Soc. Proc.*, vol. 88, 1944) ; M. STECK, *J. H. Lambert. Schriften zur Perspektive*, Berlin, 1943 ; G. GRANGER, *La mathématique sociale du marquis de Condorcet*, Paris, 1956. Œuvres d'EULER (en cours de publication depuis 1912), de LAGRANGE (14 vol., Paris, 1867-1892), de LAPLACE (13 vol., Paris, 1878-1904), de RUFFINI (3 vol., Palerme, 1915-1954).

ميكانيك

Mécanique : En plus des ouvrages précédemment cités de DUGAS, DUHEM, JOUGUET, MACH, TODHUNTER : P. E. B. JOURDAIN, *The principle of least action*, Chicago, 1913 ; P. BRUNET, *Maupertuis*, 2 vol., Paris, 1929 ; ID., *Étude historique sur le principe de moindre action*, Paris, 1938 ; ID., *L'introduction des théories de Newton en France au XVIII^e siècle (avant 1738)*, Paris, 1931 ; R. MARCOLONGO, *Il problema dei tre corpi da Newton (1686) ai nostri giorni*, Milan, 1919 ; J. BERTRAND, *D'Alembert*, Paris, 1889 ; L. L. WHYTE, ed., *Roger Joseph Boscovich...*, Londres, 1961 ; R. GRIMSLEY, *Jean d'Alembert (1717-1783)*, Oxford, 1963.

علم فلك

Astronomie : Les ouvrages précédemment cités de ABETTI, ANDRÉ et RAYET, BAILLY, BIGOURDAN, BOQUET, DANJON et COUDER, DELAMBRE, DOUBLET, HOUZEAU et LANCASTER, KING, LALANDE, MACPHERSON, REPSOLD, WOLF, ZINNER ; R. WOLF, *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Litteratur*, 2 vol., Munich, 1891-1893 ; I. TODHUNTER, *History of the mathematical theories of attraction and the figure of the Earth...*, 2 vol., Londres, 1873 ; F. TISSERAND, *Traité de mécanique céleste*, 4 vol., Paris, 1889-1896 ; F. BRUNNOW, *Lehrbuch der sphärischen Astronomie*, 4e éd., Leipzig, 1881 ; F. R. HELMERT, *Die mathematischen und physikalischen theorien der höheren Geodäsie*, 2 vol., Berlin, 1880-1884 ; F. TISSERAND, Tentatives faites pour déterminer la parallaxe du Soleil (*Ann. Obs. Paris, Mém.*, t. 16, 1882) ; C. A. F. PETERS, Recherches sur la parallaxe des étoiles fixes (*Mém. Ac. Imp. Sc. Saint-Pétersbourg ; sc. math. et phys.*, 5, 1848) ; R. GRANT, *History of physical astronomy*, Londres, 1852 ; E. GUYOT, *Histoire de la détermination des longitudes*, La Chaux-de-Fonds, 1955 ; A. MARGUET, *Histoire de la longitude en mer au XVIII^e siècle*, Paris, 1935 ; W. I. MILHAM, *Time and time-keepers*, New York, 1923 ; H. ANDOYER, *L'œuvre scientifique de Laplace*, Paris, 1922 ; P.-S. LAPLACE, *Précis de l'histoire de l'astronomie*, Paris, 1821 ; LESUEUR, *La Condamine*, Paris, 1911 ; J. MASCART, *Le chevalier de Borda*, Paris, 1919 ; H. WOOLF, *The Transits of Venus, a study of eighteenth-century science*, Princeton, 1954.

فيزياء عامة

Physique en général : Les ouvrages précédemment cités de CAVERNI, CAJORI, DAUMAS, GERLAND et TRAUMULLER, HOPPE, LASSWITZ, MAGIE, POGGENDORFF, ROSENBERGER, USHER, VOLKRINGER ; P. MANTOUX, *La révolution industrielle en Angleterre au XVIII^e siècle*, Paris, 1906 ; P. BRUNET, *Les physiciens hollandais et la méthode expérimentale en France au XVIII^e siècle*, Paris, 1926 ; T. M. C. SHELBY, *French inventions in the XVIIIth century*, Univ. of Kentucky, 1952 ; T. H. ASHTON, *La révolution industrielle (1760-1830)*, Paris, 1955.

بصريات

Optique : Ouvrages cités dans la Bibliographie de la II^e Partie.

حرارة

Chaleur : E. WOHLWILL, Zur Geschichte der Erfindung und Verbreitung des Thermometers

(*Poggendorff's Annalen*, vol. 124, 1865, p. 163-178) ; F. Burckhardt, *Die Erfindung des Thermometers und seine Gestaltung im 17. Jahrhundert*, Bâle, 1867 ; Id., *Zur Geschichte des Thermometers, Berichtigungen und Ergänzungen*, Bâle, 1902 ; E. Gerland, *Das Thermometer*, Berlin, 1885 ; F. Rosenberger, *Die Geschichte der Physik*, Braunschweig, 3 Teil, 1882-1900 ; H. C. Bolton, *Evolution of the Thermometer, 1592-1743*, Easton, Pa., 1900 ; F. Cajori, *A History of physics...*, New York, 1914 ; E. Mach, *Die Principien der Wärmelehre*, Leipzig, 1923 ; D. McKie et N. H. de V. Heathcote, *The discovery of specific and latent heats*, Londres, 1935 ; M. R. Barnett, The development of thermometer and the temperature concept (*Osiris*, t. XII, 1956, p. 269-341) ; A. Birembaut, La contribution de Réaumur à la thermométrie (*Rev. Hist. Sci.*, t. XI, 1958, p. 302-329 ; *Ibid.*, in *La vie et l'œuvre de Réaumur*, Paris, 1962) ; W. J. Sparrow, *Knight in the White Eagle. A biography of Sir Benjamin Thompson...*, Londres, 1964 ; W. E. K. Middleton, *A history of the thermometer*, Baltimore, 1966 ; S. C. Brown, *Benjamin Thompson, Count Rumford...*, Oxford, 1967.

كهرباء ومغناطيسية

Électricité et magnétisme : Ouvrages précédemment cités de Bauer, Daujat, Gliozzi, Hoppe, Mottelay, Priestley, Sartiaux et Aliamat, Sigaud de Lafond, Turner, Wittaker ; H. Cavendish, *Scientific Papers*, Cambridge, 1921 ; *Collection de Mémoires relatifs à la Physique*, t. I : *Mémoires de Coulomb*, Paris, 1884 ; C. van Doren, *Benjamin Franklin*, New York, 1938 ; I. B. Cohen, *Benjamin Franklin's experiments*, Cambridge, 1941 ; Id., *Franklin and Newton*, Philadelphie, 1956 ; C. Wilson, *Life of Henry Cavendish*, Londres, 1951 ; D. et D. H. D. Roller, *The development of the concept of electric charge*, Cambridge, 1954 ; J. Torlais, *L'abbé Nollet*, Paris, 1954 ; A. J. Berry, *Henry Cavendish*, Londres, 1960.

كيمياء

Chimie : Ouvrages précédemment cités de Crosland, Delacre, Duveen, Ferguson, Fierz-David, Holmyard, Jagnaux, Leicester et Klickstein, Lippmann, Metzger, Ostwald, Partington ; M. Berthelot, *La révolution chimique. Lavoisier*, Paris, 1899 ; E. Grimaux, *Lavoisier*, 3e éd., Paris, 1899 ; T. E. Thorpe, *Priestley*, New York, 1906 ; J. R. Partington, *The composition of water*, Londres, 1928 ; H. Metzger, *Newton, Stahl et Boerhaave*, Paris, 1930 ; J. R. Partington et D. McKie, Historical studies on the phlogiston theory (*Annals of science*, vol. 2-4, 1937-1939) ; D. McKie, *Lavoisier*, New York, 1952 ; Id., *La chimie au XVIIIe siècle avant Lavoisier*, Paris, 1958 ; M. Daumas, *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, Paris, 1955 ; D. I. Duveen et H. Klickstein, *A bibliography of the works of Antoine-Laurent Lavoisier*, Londres, 1954 (*Supplement...*, 1955) ; H. Guerlac, Joseph Black and fixed air (*Isis*, vol. 48, 1957) ; Id., *Lavoisier...*, Ithaca, 1961 ; A. J. Berry, *Henry Cavendish*, Londres, 1960 ; O. Zeckert, *Carl Wilhelm Scheele*, Stuttgart, 1963 ; F. W. Gibbs, *Joseph Priestley*, Londres, 1965.

بيولوجيا عامة

Sciences biologiques en général : Les ouvrages précédemment cités de Canguilhem, Caullery, Cuvier, Guyénot, Locy, Mendelsohn, Nordenskiöld, Rádl, Rostand, Singer ; L. C. Miall, *The early naturalists*, Londres, 1912 ; D. Mornet, *Les sciences de la vie au XVIIIe siècle*, Paris, 1931 ; R. Savioz, *La philosophie de Charles Bonnet*, Paris, 1948 ; P. Ostoya, *Les théories de l'évolution*, Paris, 1952 ; J. Rostand, *Les origines de la biologie expérimentale et l'abbé Spallanzani*, Paris, 1951 ; Id., *L'atomisme en biologie*, Paris, 1956 ; L. Spallanzani, *Epistolario*, 5 vol., Florence, 1959-1964 ; J. Roger, *Les sciences de la vie dans la pensée française du XVIIIe siècle. La génération des animaux de Descartes à l'« Encyclopédie »*, Paris, 1963 ; P. C. Ritterbush, *Overtures to biology ; the speculations of eighteenth century naturalists*, New Haven, 1964. Mentionnons enfin la *Correspondance* de Haller en cours d'édition sous la direction de E. Hintzsche.

فيزيولوجيا وتشريح (حيوان)

Physiologie et anatomie animales : Les ouvrages précédemment cités de CANGUILHEM, CHOULANT, COLE, FOSTER, FULTON, ROTHSCHUH, SINGER ; H. BORUTTAU, Geschichte der Physiologie, in *Handbuch der Geschichte der Medizin*, de Th. PUSCHMANN, éd. par NEUBURGER et PAGEL, Iéna, 1903, t. I ; J. F. FULTON, *Muscular contraction and the reflex control of movement*, Baltimore, 1926 ; E. BASTHOLM, *The history of muscle physiology...*, Copenhague, 1950 ; Vl. KRUTA, *Med. Dr. Jiri Prochaska*, Prague, 1956 ; Ch. Mc. C. BROOKS et P. E. CRANFIELD, ed., *The historical development of physiological thought*, New York, 1959 ; K. E. ROTHSCHUH, *Von Boerhaave bis Berger ; die Entwicklung der Kontinentalen Physiologie in 18. und 19. Jahrhundert*, Stuttgart, 1964.

طب

Médecine : Ouvrages précédemment cités de BARIÉTY et COURY, BORDEU, CASTIGLIONI, DAREMBERG, DELAUNAY, DIEPGEN, GARRISON, GARRISON et MORTON, GUIART, GUITARD, HUARD et GRMEK, KREMERS et URDANG, LAIGNEL-LAVASTINE, LECÈNE, PORTAL, REUTTER DE ROSEMONT, SINGER et UNDERWOOD, SPRENGEL, SUDHOFF ; N. F. J. ELOY, *Dictionnaire historique de la médecine*, 4 vol., Mons, 1778 ; P. J. G. CABANIS, *Coup d'œil sur les révolutions et sur la réforme de la médecine*, Paris, 1804 ; rééd., 1956 ; J. LORDAT, *Exposition de la doctrine médicale de P.-J. Barthez*, Paris, 1818 ; P. DELAUNAY, *Le monde médical parisien au XVIII[e] siècle*, Paris, 1906 ; F. G. O. DREWITT, *The life of Edward Jenner*, 2[e] éd., Londres, 1931 ; L. S. KING, *The medical world of the 18th century*, Chicago, 1958 ; B. RAMAZZINI, *Epistolario*, Modène, 1964.

زوولوجيا

Zoologie : Les ouvrages précédemment cités de ANKER, BOURIER, CARUS, HALL, NISSEN, PETIT et THÉODORIDÈS, THÉODORIDÈS ; P. FLOURENS, *Histoire des travaux et des idées de Buffon*, Paris, 1844 ; S. d'IRSAY, *Albrecht von Haller*, Leipzig, 1930 ; J. TORLAIS, *Réaumur*, Paris, 1936 ; 2[e] éd., 1961 ; J. R. BAKER, *Abraham Trembley*, Londres, 1952 ; R. HEIM, éd., *Buffon*, Paris, 1952 ; J. PIVETEAU, *Buffon. Œuvres philosophiques*, Paris, 1953 ; W. H. VAN SETERS, *Pierre Lyonet...*, La Haye, 1962 ; Divers, *La vie et l'œuvre de Réaumur*, Paris, 1962.

علم نبات

Botanique : Les ouvrages précédemment cités de ARBER, BLUNT, DAVY DE VIRVILLE GREEN, JESSEN, MEYER, MÖBIUS, NISSEN, OLIVER, REED, SACHS ; S. HALES, *Vegetable Staticks*, Londres, 1927 ; rééd. 1961 (trad. fr. par BUFFON, 1735) ; M. DAUDIN, *De Linné à Jussieu. Méthodes de la classification et idée de série en botanique et en zoologie*, Paris, 1926 ; A. E. CLARK-KENNEDY, *Stephen Hales*, Cambridge, 1929 ; H. F. ROBERTS, *Plant hybridisation before Mendel*, Princeton, 1929 ; A. CHEVALIER, *Michel Adanson*, Paris, 1934 ; B. H. SOULSBY, *A catalogue of the works of Linnaeus...*, Londres, 1933 ; C. ZIRKLE, *The beginnings of plant hybridisation*, Philadelphie, 1935 ; K. HAGBERG, *Linné, le roi des fleurs*, Paris, 1944 ; H. REED, *Jan Ingenhousz*, Waltham, 1949 ; H. C. CAMERON, *Sir Joseph Banks*, Londres, 1952 ; N. COURLIE, *The Prince of Botanists*, Londres, 1953 ; N. SANDBERG et W. HEIMANN, *A catalogue of the works of Linnaeus*, Stockholm, 1957 ; *Linné*, exposition au Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 1957 ; E. et D. S. BERKELEY, *John Clayton, Pioneer of American Botany*, Durham, 1963 ; Divers, *The Bicentennial of Michel Adanson's* Familles des Plantes, 2 vol., The Hunt Botanical Library, 1963-1964 ; A. R. STEELE, *Flowers for the King*, Durham, 1964 ; R. C. OLBY, *Origins of Mendelism*, Londres, 1966 ; W. T. STEARN, *Botanical Latin*, Londres et Edimbourg, 1967.

علم الأرض

Sciences de la Terre : Ouvrages précédemment cités de ADAMS, GEIKIE, von GROTH, MATHER et MASON, MEUSNIER et von ZITTEL ; L. AUFRÈRE, *Le relief et la sculpture de la Terre. Soulavie*

et son secret, Paris, 1952 ; de La Métherie, *Théorie de la Terre*, 5 vol., Paris, 1797 ; Commemoration of the 150th anniversary of the death of James Hutton (*Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. 68, 1950) ; A. Lacroix, Ch. Mauguin, J. Orcel, « René-Just Haüy, Centenaire » (*Bull. Soc. fr. Minéralogie*, vol. 67, 1944) ; J. Orcel, Essai sur le concept d'espèce et les classifications en minéralogie et pétrographie (*ibid.*, vol. 77, 1944) ; R. Hooykaas, *La naissance de la cristallographie en France au XVIII*e *siècle*, Paris, 1953 ; Id., Les débuts de la théorie cristallographique de R. J. Haüy... (*Rev. Hist. Sci.*, t. 8, 1955, pp. 319-37).

القسم الرابع :

العلوم خارج أوروبا

بعد الاقسام الثلاثة الاولى من هذا الكتاب المخصص لدراسة التقدم العلمي في أوروبا الغربية بين 1450 و 1800 . يتوجب أن ندرس المصير الذي عرفه العلم خارج أوروبا . لا شك أنه بخلال هذه الحقبة ، كان التقديم الغربي من الاهمية بمكان ، حتى أنه بعد المقارنة ، يبدو تقديم المناطق الاخرى من العالم ، تافهاً تقريباً . فضلاً عن ذلك ، أن سياسة الاستكشاف ، والتوسع والاستعمار التي اتبعتها الدول الرئيسية في أوروبا الغربية ، ادت الى انتشار واسع للعلم وللتقنية الغربيين انتشار مهد لقيام ، بخلال القرن 19 و20 ، علم كوني شامل عملياً .

إلا أن بعض الأمثلة تبدو متميزة بما فيه الكفاية وذات أهمية ، الامر الذي يبرر دراستها . في حين قامت في الشرق الاقصى منافسة ، خصبة بالاحداث ، تعارض العلم الغربي المستورد بالعلم الوطني المحلي ، في البلدان الخاضعة للتأثير الهندي أدت سيطرة العناصر الاصولية التقليدية الى ترك كل بحث أصيل ، والمحافظة على علم جامد في محتواه وفي اطره الوسيطية .

وفي مختلف مناطق أميركا ، قام الاستعمار الاوروبي ، بعد أن دمر وقضى على الحضارات ما قبل كولومبوس باستكشاف واستغلال الثروات الضخمة الطبيعية التي لم تكن بعد قدمت ، مع ادخال النظم والمؤسسات الثقافية الجديدة بصورة تدريجية ، مما أتاح للعالم الجديد أن يساهم ويشارك في الحياة العلمية الناشطة .

وتقتصر دراستنا هنا ، على هذه المناطق الثلاث المهمة . ذلك أن النشاط العلمي للشعوب الاسلامية وإن بدا مهما وجديراً بالاهتمام . إلا أنه كان أقل اشراقاً بالمقارنة ، مما كان عليه في القرون الوسطى . فضلاً عن ذلك أن يقظة هذه الشعوب على العلم الحديث ، جاءت متأخرة جداً ولذا لا تدرس إلا في المجلد التالي .

الفصل الأول :

العلوم في الشرق الأقصى في القرن السادس عشر إلى القرن الثامن عشر

لقد احتفظ العلم الصيني ـ حتى نهاية القرن السادس عشر ، على الرغم من العلاقات الأكثر عدداً مما كان يظن ، مع الثقافات الاخرى في العالم القديم ـ بكل الخصائص الاصيلة في الثقافة الصينية .

وبالعكس ابتداء من سنة 1583 ، تاريخ وصول الفلكي والرياضي اليسوعي ماتيو ريشي Matteo Ricci الى الصين ، اخذت العلوم الحديثة الناشئة في الغرب تدخل الى الصين ثم الى اليابان .

وهكذا فتحت أمام الشرق الاقصى ، والهند والعالم العربي ، عملية بطيئة وصعبة عملية اندماج في العالم العلمي الحديث . عملية سوف تنتشر عبر ثلاثة قرون وأكثر ، لتستكمل في أيامنا فقط ، وسوف تؤدي ، في الامد البعيد ، الى تكوين ثقافة علمية عالمية فريدة ، بدلاً من الثقافات العلمية الاقليمية التي كان تواجدها المتزامن قد ميَّز العصور السابقة .

هذه العملية التفاعلية قد تدرجت بشكل مختلف نوعاً ما في الصين واليابان . وسوف تدرس بالتتابع في كلٍ من هذه البلدان

1 ـ الصين

التقدم اليسوعي الى الصين في القرن السابع عشر والثامن عشر ـ إن ادخال العلم الحديث الى الصين سوف ينتج عن أسلوب « القلب عن طريق النخبات » ، وهو أسلوب اختاره المبشرون اليسوعيون ، من أواخر القرن 16 . فقد فكر « الاباء » يومئذ أنه من الممكن إظهار تفوقهم الفكري في مجالات غير دينية ، ثم استخدام الهيبة المكتسبة هكذا لغايات دينية .

وكان المثل قد قدمه ماتيو ريشي (1552-1610) الذي أقام في بادىء الامر ، في الصين الجنوبية ثم ابتداء من سنة 1601 في بلاط أباطرة منغ في بكين ، حيث كان يقدم في القصر ، وبآنٍ معاً ، الترجمات الرياضية ، وأعمال الخرائط ، ودروس علم الفلك . وقام بمساعدته مثقفون ردهم الى دينه ، تولوا تدوين الكتب العلمية الاولى الحديثة ، لنشرها باللغة الصينية . ومات سنة 1610 ، ولكن خلفاءه ظلوا

على علاقة طيبة مع أباطرة منغ ، واستمروا في ترجمة وفي تعليم العلوم العصرية كما هي مطبقة في الغرب في زمنهم .وفي سنة 1644 عندما حلت أسرة الماندشو من آل تسنغ Tsing محل المنغ Ming بقيت العلاقات جيدة ، وتولى الالماني سكال فون بل Schall Von Bell ادارة المركز الامبراطوري لعلم الفلك . ورغم جهود علماء الفلك المسلمين الذين كانت سيطرتهم غالبة حتى ذلك الحين في البلاط ، فإن مساعد بل ، واسمه فربيست Verbiest ، هو الذي تولى سنة 1669 إدارة المكتب الفلكي الذي احتفظ به أخوته في الدين حتى نهاية القرن 18[1] . وفي البلاط عند الاباطرة الكبار المنادشو كانغهي K'ang-Hi (1662-1722) وكيان لونغ Kien-Long (1736-1796)بنى اليسوعيون الطليان والالمان والبولونيون والفرنسيون خاصة آلات الفلك ، ونظموا الخرائط للامبراطورية ، ونشروا تراجم عديدة . وعالج الاب فونتاني كانغهي Fontaney K'anghi بالكينا المجلوب من فرنسا . وكلف ب جربيون P.Gerbillon بالتفاوض باسم الامبراطور بشأن معاهدة نرتشنسك مع روسيا (1689) . وبالمقابل سمح لهم بالقيام بنشاطات انجيلية يبدو إنها لم تكن مثمرة بمقدار نشاطاتهم العلمية . ولكن حل « جمعية يسوع » ، في أواخر القرن الثامن عشر ، وكذلك التدابير التضييقية التي أخذت الحكومة الصينية باتخاذها يومئذ تجاه الاجانب ، وضعت نهاية لهذا الدور النقلي العلمي الذي لعبه ، طيلة قرنين المبشرون اليسوعيون . ونقدم عن هذه الأعمال النقلية جدولاً مختصراً .

من المعلوم أنه على أساس خط الاستواء السماوي ، لا على أساس الاهليلج ، بنى الصينيون ، من القرون الوسطى ، علم فلك كمي ذي موقع متقدم جداً ، مع احتفاظهم بأفكارهم القديمة حول السماء الواسعة الفارغة ، المحتوية على نقاط نور . أما اليسوعيون ، فبالعكس ، في دروسهم وتراجمهم ، فقد ادخلوا النظام الرحيد المقبول في أوروبا زمن ريشي ، وهو نظام بطليموس : كرات وحيدة المراكز ، تحمل مختلف الكواكب ؛ وفلك البروج المتخذ كأساس للحسابات الفلكية . وظلوا أمناء له فيما بعد رغم تقدم علم الفلك الاوروبي في القرن السابع عشر والثامن عشر ، لاسباب سوف نعود إليها .

إن المئة فصل ، في الانسيكلوبيديا الفلكية لسكال Schall ، سنة 1645 ، ظلت ترتكز على المبادىء البطليموسية ، وكذلك (حتى في سنة 1738) بقيت أيضاً المباحث الصينية في علم الفلك التي وضعها ب كوغلر Koegler وب.بيريرا Peraira .

وفي تقنية الملاحظات الفلكية ، لم تكن المقدمات اليسوعية اقل ضخامة : أساليب أكثر دقة

---

(1) إن أشهر المدراء اليسوعيين ، في « المكتب الامبراطوري الفلكي » (وليس الرؤساء ، كما يدعي بعض المؤرخين المحمولين على المبالغة في إضفاء الاهمية على دور اليسوعيين ، لأن هؤلاء لم يتوصلوا أبداً إلى حمل هذا اللقب) هم : فربيست Verbiest (1669-1688) ، غريمالدي Grimaldi (1688-1712) كوغلر Koegler (1720-1746) دي هالرستين De Hallerstein (1746-1774) ، الميدا Almeida (1783-1805) .

لحساب الكسوفات ، بناء المراصد (وكان أول مرصد قد أدخل سنة 1618 على يد ب . شرك Schreck أو تيرنتيوس Terrentius) وغيرها من الآلات الأخرى العديدة ، وكذلك وضع كرات مسطحة Plamisphère سماوية مثل كرات سكّال ، وفيما بعد ، كرات كوغلر Koegler ، مراجعة الروزنامة الصينية وفقاً لنظام مختلط ـ قمري ـ غريغوري .

ولكن في بعض الحالات ، كما في بناء الكرات المحلقة المرتكزة على فلك البروج ، لم تكن هذه التجديدات من قبل اليسوعيين تقدماً علمياً بحق ، بل كانت في الواقع تدبيراً تقهقرياً بالنسبة الى علم الفلك الاستوائي المتبع منذ زمن بعيد من قبل الصينيين[1] .

وفي الرياضيات نشر اليسوعيون عدداً مهماً أيضاً من الترجمات ومن المجمعات باللغة الصينية . وقد حرر ريشي بنفسه سنة 1607 ، بالتعاون مع المثقف المسيحي لي تشي تساو Li Tche-Tsao ، كتاباً صغيراً في المثلث القائم (كيو كو يي) ؛ وترجم بذات السنة بمساعدة بول سيو كوانغ كي Paul Siu Kouang-K'i الكتب الستة الاولى لاقليدس ، المتعلقة بالهندسة المسطحة (كي ـ هو يوان بن) . ونشر ب رو P.Rho ، سنة 1628 ، كتاباً في التحليل النبيري [نسبة الى نيبر مخترع اللوغاريتمات الطبيعية] ، أكمله سموغولنسكي Smogolenski وسي فونغ تسو Sie Fong-Tsou سنة 1654 ، بجداول جديدة في اللوغاريتمات . ونشر ترنتيوس Terrentius سنة 1631 كتاباً في علم المثلثات . وفي القرن 18 ، كان جارتو Jartaux أفضل عالم رياضي يسوعي فوضع سنة 1701 تسع صيغ مميزة حول السلاسل اللامتناهية .

وفي الفروع العلمية الاخرى ، لم يكن اليسوعيون أقل نشاطاً في إدخال المعارف الجديدة الى الصين في عصر النهضة الغربي . وحرر تيرنتيوس Terrentius سنة 1625 « مختصراً للجسم البشري » ، ونشر بارينان Parrenin في مطلع القرن 18 أوائح « التشريح المنادشو » ، مستلهماً رسوم « تشريح الانسان بحسب دورة الدم » ، المنشورة في باريس سنة 1690 من قبل ديونيس Dionis وأقام المبشرون في قصر كيانغ هي مختبراً للصيدلة ، حيث كانوا يعملون مسترشدين بكتاب الاجزائيات لفرنسوا مويز شاراس (1619-1698) .

وترجموا أو جمعوا ايضاً كتباً حول المنظورات (1626) ، وحول الهزات الارضية (1626) و(1679)

(1) والصراع الذي قام ، في السنوات الأولى من حكم السلالة المنشوية ، بين سكال وفربيست Schall et Verbiest والفلكيين المسلمين في بكين كان يدور حول هذه النقطة . وكان اليسوعيون يأخذون على المسلمين أخطاءً في الروزنامة ، في حين أن حسابات هؤلاء المرتكزة على معطيات ارصادية ، كانت بالضرورة مختلفة عن معطيات اليسوعيين المرتكزة على فلك البروج . إنما لدوافع سياسية فقط عمد الأمبراطور الشاب كانغ ـ هي ، الحريص على التخلص من وصاية القيمين عليه ، ويأمل زعزعة الفلكيين الرسميين في البلاط الذين كانوا يدعمون هؤلاء القيمين ، إلى إعطاء الحق لليسوعيين سنة 1669 ، رغم ضعف وتهافت وجهات نظرهم من الناحية العلمية .

وحول الترمومتر (1671) وحول الضوء والاصوات (1617)وهكذا دخلت الى الصين لوالب ارخميدس التي كانت غير معروفة فيها يومئذ . ولتسلية كانغ هي Kang-Hi صنع المبشرون الملحقون بالقصر بلبلاً يستطيع الغناء بفضل نافورات من البخار تمر في أنابيب أورغ ، وعربة وقارباً صغيراً يتحركان بتوربينات بخارية (حققت سنة 1671 من قبل ب. غريمالدي P.Grimaldi) وساعات ذات محركات متعددة .

وقد علّق كانغ ـ هي وكين لونغ Kang-Hi et Kien-Long ، لاسباب سياسية ، أهمية خاصة على القدرات الجغرافية لدى الاباء . وسارت مجموعة من صانعي الخرائط اليسوعيين ، مع كانغ ـ هي بلادترتاريا ، وغطيت الصين كلها بالمثلثات بين 1708 و1717 . وقاس ب . توماس في سنة 1702في الصين درجة خط الطول الارضي ونشرت خارطته سنة 1718 ، من 35 ورقة محفورة على الخشب . وفي أيام حكم كينغ لونغ ، سنة 1769 قام ستة خرائطيون يسوعيون برسم آسيا الوسطى على خارطة صينية كبرى من 104 ورقات ، ظلت حتى القرن التاسع عشر أفضل من الاعمال الاوروبية المماثلة .

حدود هذا التقديم ـ إذا كان هذا التقديم العلمي من جانب اليسوعيين ملفتاً بضخامته ، فانه يتميز بالدرجة الاولى بأفضلية الاهتمامات الدينية لدى مؤلفيه . فالمبشرون لم يدخلوا علوم الغرب الحديثة إلا لانهم كانوا يأملون باستجلاب الامبراطور والقادة في الامبراطورية الى دينهم . وفي نظرهم تكمن قيمة العلم الحديث في نشأته المسيحية لا في تفوقه الذاتي على العلم الصيني الوسيطي . وهنا يوجد إشكال اساسي . فسكال Schall سمى (« كتاب علم الفلك والرزنامة بحسب الاساليب الجديدة في الغرب ») ، موسوعته الكبرى الفلكية لسنة 1645 . ولكن كنغ هي طلب عند اعادة طباعة هذا النص ، تغيير هذا العنوان ، إبداله بالتالي : « كتاب في الرياضيات بحسب الاساليب الجديدة ») . ويبين الامبراطور بالتالي عن رغبته في الاستفادة من معارف الغربيين ، فقط لانها اكثر تقدماً (حرفياً) من علوم الصينيين ، وليس لانها تثبت تفوق الغرب عموماً (حرفياً)[1] . ولكن المبشرين استمروا يماهون الدين المسيحي والعلم (الغربي) وترددوا من هذه الناحية في اعطاء الصينيين علماً بالتحولات الجديدة في العلم الغربي في أوروبا (رغم ضخامة هذا التحول طيلة هذين القرنين ، وذلك خشية رمي الشكوك ايضاً في عقيدتهم الدينية) .

من هنا المعنى العميق للمحافظة العنيدة على البطليموسية : ان نظام غاليلي (رغم نقضه من قبل الكنيسة) كان لاحقاً لاعمال ريشي Ricci في الصين ، وكان إذاً يضع الشك في مجمل تعاليم هذا الاخير ، بما فيها المجال الديني . أليس من الغريب الملفت أنه في الوقت الذي تخلى فيه تيكو براهي Tycho Brahé في أوروبا عن الدوائر البروجية ميلاً الى الدوائر الرصدية ، توصل ريشي Ricci

(1) كتب سكال في رسالة بتاريخ تشرين الثاني 1640 « أن كلمة (إذا) الغربية غير مقبولة لدى الصينين ، والأمبراطور في إراداته لا يستعمل إلا كلمة (جديد) : الواقع أن الكلمة الأولى لم يستعملها إلا الذين يريدون اهانتنا » (ذكرها هـ . برنار متر H. Bernard – Maître مونومنتا سريكا ، 1937 ، 3) .

الى اقناع الصينيين بالعدول عن هذه الدوائر التي كانوا يعرفونها من عدة قرون ، والعودة الى نظام فلك البروج . هذا العجز الذي اظهره اليسوعيون في تتبع الحركة العلمية في الغرب ، بدا في عدة مناسبات . من ذلك ، في سنة 1710 ، اقترح ب . فوكيه P.Fouquet تحسين أساليب الحساب المستعمل في بكين ، وذلك بادخال الجداول الجديدة التي وضعها لاهير La Hire في باريس . ولكن ب فيزيتور P. Visiteur رفض : « حتى لا نظهر بمظهر من يخطىء ما جهد سابقونا في اقراره ، وحتى لا نفسح المجال أمام اتهامات جديدة ضد الدين»[1] .

من المستحيل تجاهل هذه الصفة الجامدة جزئياً والمتحجرة ، فيما قدمه اليسوعيون من علم الى الصين[2] .

وقد سبق ورأينا ، وخاصة في مجال العلم التطبيقي أن اليسوعيين « اطلعوا » الصينيين على العلم الحديث يومئذٍ : أعمال حول المثلثات في القرن الثامن عشر ، الكينا ، العربة البخارية لغريمالدي Grimaldi ، الجداول التشريحية .

واتجه تكتيك التسوب الديني المختار من قبل اليسوعيين ، من جهة أخرى الى الحد من نطاق نشاطهم العلمي وقصره على البلاط . إذ كان همهم استجلاب الامبراطور (وكان كنغ هي عبقرياً موهوباً) ، ثم تسليته بتجارب وبآلات مسلية ، ثم ربطه والسيطرة عليه بفعل الشفاء الموفق ، ومساعدته في حسن سير الجهاز الحكومي وذلك بوضع خرائط أفضل أو بتحسين الرزنامة . ولكن كل هذا ظل محصوراً في بكين ، حتى في « المدينة الممنوعة » ، بين كبار الموظفين والمخاصي .

اي بعيداً عن المناطق في باس ينغ ـ تسي Bas-Yangtsé (شيكيان ، أنهو ، كيانغ ـ سو Che-kiang, Anhouei, Kiangsou) . أو في كوانغ تونغ Kouangtoung التي كان تقدمها الاقتصادي هو الاكثر بروزاً في الصين ، وحيث كانت هناك نواة إنتاج رأسمالي . وإذاً بعيداً عن الطبقات في المجتمع الصيني ، حيث ثمار العلم الحديث كان يمكن أن تخصب بشكل أفضل . ثم يجب أن نلاحظ أن ريتشي Ricci ، قبل أن يصل الى البلاط الملكي ، اختار لفترة معينة هذه المناطق كمركز لنشاطاته . اذ بين التجار في تشاوسينغ فو ، قرب كنتون ، اختار أن يبني أول كرة مسطحة له . ثم علم فيما بعد في نانت ـ شنغ ثم في نانكين ، في منطقة باس ـ ينغ تسي . كتب يقول في رسائله : « كان التجار يأتون نحوه بالاعداد » وكذلك مثقفو هذه المناطق الاكثر نشاطاً . وكان أفضل معاونيه الصينيين من بين هؤلاء ، وبخاصة بول سيو كوانغ كي Paul Sui Kouang-K'i وهو من ضاحيةشنغهاي .ولكنه تخلى

(1) ذكرها ل. بفيستر L. Pfister : ملاحظات بيوغرافية وبيبليوغرافية حول اليسوعيين في البعثة التبشيرية القديمة في الصين ، شنغهاي Changhai ، 1932 ، ص 551 .

(2) هذا الرأي هو أيضاً ما يأخذ به ج . ج . ل . ديفنداك J. J. L. Duyvendak (تونغ باو Toung Pao ، 1948 ، ص 328) : « إن الصين ، عندما تلقت العلم الغربي ، تلقته بشكل بدا فيه عتيقاً ومتأخراً ، مبدئياً » .

سريعاً ، الى بكين ، عن هذه المناطق حيث كان يمكن أن يوجد قاعدة اجتماعية أكثر ميلاً الى انتشار العلم الحديث . وقلده خلفاؤه . والعربة البخارية التي بناها غريمالدي سنة 1671 لم يعلن عنها إلا لسد فضول رجال البلاط الكسالى . وهذه التقديمات اليسوعية ، بحكم صفتها بالذات لم تكن مؤهلة إلا لانتشار ضعيف .

انتشار التقديمات العلمية اليسوعية في الصين . الى اي حد استطاع العلماء الصينيون تمثل المعارف العلمية الغربية التي جلبها اليهم اليسوعيون ؟ والى أي مدى هضموا هذه التقديمات في أعمالهم وفي ممارستهم العلمية ؟ ، نظراً لانعدام الاعمال المتاحة من الصعب الاجابة على هذا السؤال ، وأصعب منه وضع كتلوغ بتقديمات اليسوعيين بأنفسهم . ويجب أن نكتفي هنا بالاشارة الى بعض المؤشرات الجزئية .

في بكين تمثل الفلكيون الصينيون من المجمع الامبراطوري الفلكي « كين تين كين » أساليب زملائهم من الغرب : رأينا أن سي فونغ تسو Sie Fong-Tsou ، تلميذ اليسوعي سموغولنسكي Smogolenski قد وضع أول كتاب صيني خالص ، يستعمل اللوغارثمات النبيرية : إنه معالجة لحساب الكسوفات نشر سنة 1650 . واستفاد الفلكيون الصينيون من الآلات الجديدة المجلوبة من أوروبا ، وفي سنة 1757 ظهر في بكين كاتالوغ صيني فيه 3083 كوكباً ثابتاً،وقد أنجزه بالتعاون ب كوغلر P. Koegler وب.روكا et da Rocha مع ليوسونغ لينغ Lieou Song-Ling . وقام بعض الفلكيين الصينيين ببحث أصيل حول أساس المعطيات التي جاء بها اليسوعيون . وبعد 1640 ، نشر ونغ سي تشان Wang Si-Tchan كتابه « تحليل حركات الكواكب الخمسة » (هوسينغ هنغ تو كيي) كما نشر نقداً لنظام بطليموس ، وفضل عليه نظاماً قريباً من نظام تيكوبراهي Tycho Brahé وقوامه الكواكب الدائرة حول الارض والارض حول الشمس دون أن يعرف أو يطلع على أعمال هذا الاخير . وعاد شنغ.ب .أول Ch'eng Pai-eul في القرن الثامن عشر الى نفس النظام .

وإذاً فالعلماء الصينيون لم يندمجوا ببساطة بعلم الفلك الذي جاء به اليسوعيون . ففي الموسوعة الكبرى التي جمعت أيام ملكية كانغ هي من قبل المثقف تشن من لي Tchen Meng-Leiالتي تضمنت «جميع الكتب والصور القديمة والحديثة» أعيد طبع سن فالي شو لسكال Schall وفربيست Verbiest . ولكن أيضاً مع كاتالوغات النجوم وفقاً للكوسمولوجيا القديمة الصينية مع لوائح قديمة بالكسوفات والمذنبات، وتاريخ لأقدم الآلات الصينية في علم الفلك .

وفي مجالات اخرى ايضاً تعايشت التقديمات الغربية والتراث الصيني جنباً الى جنب . وحرر بول سيو كوانغ كي Paul Siu Kouang-K'i المثقف المسيحي صديق ريشي كتاباً في الاغرونوميا (هو تونغ تشنغ سيوان شو) ونشر سنة 1639 ، واعيد نشره سنة 1742 وسنة 1843 . وقد استلهم فيه الكتب القديمة الصينية الزراعية ، ولكنه لم يهمل دراسة اليسوعي اورسيس حول الماكينات الهيدروليكية في الغرب . وكذلك اشتهر رساموں صينيون من القرن السابع عشر أمثال تساو بنغ تشن Tsiao Ping-Tchen حاولوا أن يرسموا وفقاً لقواعد المنظور الغربي التي ادخلها اليسوعيون . في حين أن غالبية

الرسامين ظلوا أمناء للمنظور الصيني التقليدي .

ولكن في مجال العلوم الرياضية بشكل خاصّ ، يمكن إدراك مقدار النقص في الاندماج بين العلم الحديث والعلم الصيني التقليدي . إن الموسوعة الكبرى العلمية التي نشرت سنة 1723 بناءً لامر كنغ بالذات ، وعنوانها « ليو لي يوان = بحار الحسابات الرزنامية » كتبها المثقفان هو كو سونغ لو Ho Kouo-Tsong ، مي كوتشنغ Mei Kou-Tch'eng وكذلك العديد من المعاونين ، وتضمنت أوسع مكان للأعمال الحديثة ؛ والقسم الثاني منها خصص للتصاعديات ، وللعمليات الحسابية ، وللجذور التربيعية ، وللحسابات التريغونومترية ، وللوغاريثمات ، المعروضة على الطريقة الأوروبية . أما القسم الثالث المتعلق بنظرية الموسيقى وبآلات الموسيقى الصينية والغربية فهو بصورة مباشرة من صنع ب. بيريرا P.Pereira (يسوعي) وب. بيدريني P.Pedrini (عزاري) .

وانطلاقاً من هذه العناصر الغربية أكمل العديد من الرياضيين الصينيين بحوثاً أصيلة . فنشر الفيلسوف تي تشن Tai Tchen (1724-1777) كتاباً كبيراً حول الآلات ذات المروحة مستوحى من تفحص حياة ارخميدس . وحرر أيضاً ، وهو ابن 20 سنة ، كتاباً ضخماً في العيدان النبيرية للحساب . والف المنشو منغانتو Minggantou الذي كان في القرن الثامن عشر رئيس مكتب علم الفلك انطلاقاً من معادلات جارتو Jartoux حول السلاسل اللامتناهية : « طريقة سريعة لتحديد مساحة المقاطع » (كويوان مي شوي تسي فا) . وفيها يعرض مثلاً ، لحساب الوتر في قوس لا متناهي الصغر وخاص ، المعادلة التالية :

$$a = c + \frac{1}{3.4}c^3 + \frac{9}{5.4^2}c^5 + \frac{228}{7.4^3}c^7 \ldots$$

وكذلك تونغ يوتشينغ Tong Yeou-Tch'eng (1791-1823) ، مستعيناً هو أيضاً بمعادلات جارتو Jartoux ، حسب محيط الاهليلج : (حيث a تساوي المحور الكبير و b المحور الصغير)

$$\text{نصف المحيط} = \sqrt{(a^2 - b^2) + [(1/2)\, b\, \pi]^2}$$

نهضة العلم التقليدي ـ ولكن بفعل عملية ارتدادية ادى دخول العلوم الرياضية الغربية الى الصين ، وبذات الوقت الى قيام نهضة في العلوم الرياضية الصينية القديمة .

فمنذ العصر المغولي فقد المثقفون الصينيون ذكرى الرياضيين الكبار في ازمنة هان ، تان ، وسونغ بصورة خاصة ، وهي حقب كانت قادرة في الماضي على معرفة القيمة الصحيحة لـ π ، ومعرفة نظرية الاعداد السلبية ، والمثلث الحسابي ، وجبر أصيل مستكمل هو تين يوان .

ولكن في القرن السابع عشر ، تردد المثقف مي ون تن تنغ Mei Wen- (1635-1721) وهو يدرس بانتباه كتب اليسوعيين في الرياضيات ، في أن يرى فيها تجديدات حقة . وهكذا توصل الى استعادة النصوص التي غطاها النسيان ، نصوص الرياضيين سونغ حول الجبر مثلاً . وتمت العودة الى مخطوطاته غير المنشورة، في القرن 18 ، من قبل حفيده مي كوتشنغ ، وهو واحد من محرري الموسوعة العلمية لكانغ هي ونشرت هذه المخطوطات تحت عنوان « لآليء عثر عليها في النهر الاحمر » (تشي

شوي يي لنغ) . وبعد العالمين مي Mei قام رياضيون آخرون فأحيوا الرياضيات القديمة الوطنية : ومنهم لي جوي Lijouei ، الذي كتب في القرن 18 كتاباً كبيراً حول الجذور الحقيقية والخيالية مرتكزاً على مبادىء تين بوان ؛ ثم كونغ كي هان Kong Ki-Han الذي اعاد نشر كتاب الحساب من زمن هان Han ؛ ولوشي لن Loche-Lin الذي عثر على نسخة قديمة من كتاب سي يوان يوكين (المرآة الثمينة للعناصر الاربعة) ، وهو كتاب رياضي من الحقبة المغولية فنشره .

وفي القطاعات مثل قطاع الطب أو الجغرافيا كان تقديم اليسوعيين ذا تأثير أكثر ضعفاً ايضاً فقد ظل اليسوعيون في القرن الثامن عشر يجمعون الموسوعات الطبية ، في حين كان بارينان Parrenin ينشر الواح « التشريح المنشوي » . وكانت هذه الموسوعات لا تحتوي الا الوخز بالإبر والتشخيص عن طريق النبض وغيرها من التقنيات التقليدية : مثل ذلك في سنة 1749 « كاو تسونغ يوتنغ يي تسونغ ، كين كيان » (« المرآة الذهبية في الطب » ؛ ومرسوم ذو استلهام تقليدي ، يقضي على اطباء البلاط ، في سنة 1734 بوجوب تقديم التضحيات الطقوسية لصالح الاطباء الاقدمين . وكتب الجغرافيا هي أيضاً ، بدت خلواً من كل تأثير أوروبي عملي . وكانت البحوث حول الهيدروغرافيا عديدة ، مثل شوي ـ تاو تيانغ («الوصف الكامل للانهار والسدود ») للمؤلف تسي شاونان Ts'i Chaonan (1776) كتاب لا مثيل له في الأدب الغربي في ذلك الزمن ، أو «الموجز التاريخي لأعمال الحماية الشاطئية في شيكيانغ » (1751) ؛ « كتاب الانواء » المنشور سنة 1781 للمؤلف يو سي ـ كيان Yu se-K'un ، وهو كتاب أصيل يعالج نظرية القمر حول منشأ الانواء ، كل ذلك مع إعادة طباعة الكتب القديمة حول هذا الموضوع مثل « هي تاو تشي لـ تو تشو مونغ» (القرن 18) . كما نشرت غالباً ، أوصاف مفصلة لمجمل الامبراطورية ، مثل تا تسنغ يي تونغ تشي Ta-Ts'ing Yi Tong-Tche او لمقاطعات وأقاليم خاصة ، في القرن 18 ، على نسق الاعمال الجغرافية القديمة .

العوامل الداخلية التجميدية ـ وإذن فالعلم الصيني في القرنين 17 و 18كان بعيداً جداً عن تحقيق تقدم شبيه بالنهضة العظيمة للعلم الاوروبي في ذلك الوقت ، حتى ولو دلّ على حيوية أكيدة بتأثير التقديمات الغربية والنهضة في الرياضيات القديمة الوطنية . من هذا الجمود النصفي لم تكن الشروط السيئة ، التي تمت بها هذه التقديمات الاجنبية هي الوحيدة المسؤولة . لان التأخر العلمي السائد يومئذٍ في الصين ، مقارنة مع الغرب مرتبط بشكل وثيق بنمو المجتمع الصيني الحديث ، في مجمله نمواً بطيئاً .

ففي الصين الاستبدادية والبيروقراطية ، صين القرنين 17 و 18ظلت الكونفوشيوسية الفلسفة الرسمية . وكان الموظّفون الكبار والمثقفون يؤخذون بموجب امتحانات لا يطلب فيها إلا المعرفة بالفكر الصيني الكلاسيكي ، من دون العلوم . وهكذا نجد تفسيراً لسقوط الرياضيين صونغ Song في النسيان طيلة 10 قرون الى أن جاء العالمان مي Mei ، في حين كان كل طالب يعرف عن ظهر قلب الحكم التي مضى عليها 2000 سنة ، حكم كونفوشيوس Confucius ومنشيوس Mencius . هؤلاء المثقفون الكونفوشيون في غالبيتهم كانوا متشبعين باحتقار البحث العلمي والممارسة العلمية ، وهذه

« النشاطات التدخلية » (آ. ج. هودريكور A.G. Haudricourt) في عالم الطبيعة . كتب فنغ شن Feng Chen ، ابن رئيس وزراء الامبراطور كين لونغ Kien-Long ، وكان من أعيان الامبراطورية ، كتب في بداية القرن التاسع عشر قصيدة ذات دلالة مخصصة بالميكروسكوب : « بواسطة الميكروسكوب يمكن أن نرى سطح الأشياء . فهو يكبرها ، ولكنه لا يكشف عن حقيقتها ، إنه يظهر أي شيء أعلى وأعرض ، ولكن لا تظن أنك ترى عندها الأشياء بالذات » .

(ذكره هـ. برنار H. Bernard في بنشن صحيفة الدراسات الاجتماعية آب 1941) .

هذا التعلق بفلسفات الماضي ، وهذا الاقلاع عن العلم وإمكاناته متلاحقان لا ينفصلان عن ضعف نمو الاقتصاد التجاري في الصين وعن سيطرة إنتاج زراعي اقطاعي ذي تقنيات تقليدية . ومن الملحوظ ان العدد الصغير من المثقفين الذين ابدوا إهتماماً حقيقياً بالعلوم (مثل المشاركين في الموسوعة العلمية موسوعة كونغ هي) كانوا في معظمهم من أصل من المناطق الصينية الشرقية ، وقد سبق وذكرنا نهضتها الاقتصادية النسبية . من ذلك الجغرافيون تسي شونان ، وشي كيان ، وفان كوان تشن من انهوي ومثل الفيلسوف الرياضي « تي ـ تشن » Tai-Tchen احد العباقرة النادرين في الفكر الصيني من القرن الثامن عشر ، وكان ابناً لتاجر من مدينة انهوي . ومثلهم الرياضيون لي جوي وتشانغ سونان ، وهما باعثا الجبر القديم ، وكانا معاً من العاصمة القديمة المتاجرة والغنية « سوت شو » على « الباس ينغ تسي » . ومن سوت شو أيضاً جاء الفلكي فنغ كوي فن Feng Kouei-Fen الذي نشر سنة 1850 جداول مرور مئة نجم في خط الهاجرة ودل بدقة على صعودها وهبوطها . وفي ينغ تشو وهي مركز كبير تجاري وصناعي في هذه المنطقة ، تولى لوشي لن Lo Che-Lin في بداية القرن 19 اعادة نشر حياة الرياضيين من العصر المغولي . أما العالمان مي ، الجد والحفيد فهما أيضاً من عائلة قديمة من الانهوي .

ولكن لماذا هذه البذور لاقتصاد متجر ولانتاج تصنيعي ، ولماذا هذه البذور لنهضة علمية ، لم تنمُ أكثر من ذلك ؟

لماذا لم تصبح هذه الاقاليم في باس ينغ تسي ، مثل « البلدان المنخفضة » الصينية ، فتحفز العلم بنشاطها الاقتصادي كما حصل ذلك في هولندا في القرن 17 ؟ ان الكلام هو لمؤرخي الاقتصاد الصيني .

II ـ اليابان

العلم الوطني ـ لم تتطور الحضارة اليابانية في القرون الوسطى إلا كما لو كانت في ظل الصين آخذة عنها الكتابة الايديوغرافية (الكتابة الرمزية) ومفاهيمها السياسية الدينية (البوذية والكونفوشية) وتقنياتها الاساسية . وكذلك لم يوجد العلم الياباني الا كمقاطعة من مقاطعات العلم الصيني : جبر تين بوان (في اليابانية تنزان) ، طب ، علم فلك . وابتداءاً من القرن السابع عشر بشكل خاص ، وفي أيام حكم السلالة الاقطاعية ، سلالة طوكوغاوا Tokugawa (1603-1867) التي

مارست نوعاً من السيادة القيادية في القصر ، الى جانب الامبراطور (ميكادو) العاجز ، استطاعت اليابان أن تؤكد تماماً ، بالنسبة الى الصين ، على خصوصياتها القومية . وقام علم ياباني خالص ، يتطور على حدة خاصة في المجالات الرياضية وفي مجال الطب .

ولم يستعمل الرياضيون اليابانيون الأوائل لحساباتهم إلا عيدان الخيزران (صانغي)المأخوذة من زملائهم الصينيين . أما المعداد المستعمل في الصين منذ القرن الثالث تقريباً ، فلم يدخل الا في أواخر القرن السادس عشر إلى اليابان تحت اسم صوروبان (من الصينية سوان بان اي جدول الحساب) ، وتضمن هذا المعداد بمعدّل 21 عوداً يقطعها حاجز طولي ، في احد جهاته يحمل كل عودخمس كرات وحدات ومن الطرف الآخر كرة تساوي خمس وحدات . هذا الجدول (راجع الصورة اربعين) يسمح بكل العمليات الحسابية ، ولكنه إنتشر بشكل خاص عند التجّار . ومال الرياضيون الى احتقاره واستمروا يفضلون عليه في أعمالهم النظرية عيدان الخيزران . وفي القرن السابع عشر ، استطاع الرياضيون اليابان أن يتجاوزوا زملاءهم الصينيين . وكان محفزهم هو سيكي كوا Seki Kowa (تاكا كازو) (1642-1708) من عائلة ساموراي . وقد كان هذا الرجل محفزاً أكثر مما كان باحثاً . ولكن المدرسة التي أسسها ، والمدارس المنافسة التي ظهرت فيما بعد ، كانت قادرة على مواجهة المسائل الاكثر تنوعاً .

وقد توصل اليابانيون الى قيّم لحرف π قريبة جداً . في سنة 1639اقترح إيمامورا شيشو Im-amura Chisho فقط 3,162 . ولكن إيدا آمي (1747-1817) وضع السلسلة التالية :

$$\frac{\pi}{2} = 1 + \frac{1!}{3} + \frac{2!}{3.5} + \frac{3!}{3.5.7} + \frac{4!}{3.5.7.9} + \dots$$

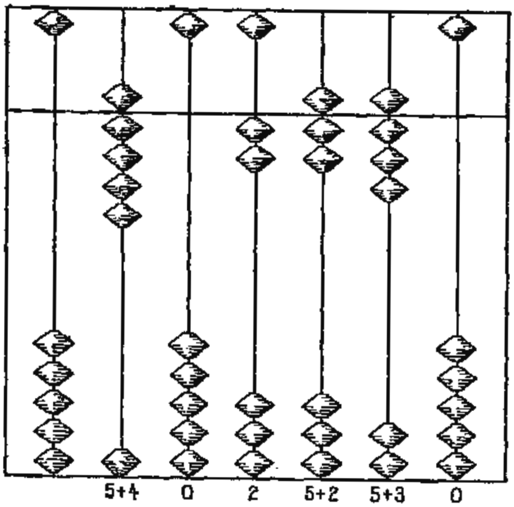
أما صاكابي كوهان Sakabe Kohan (1759-1824) وهوساموراي آخر اصبح رونين أو فارساً متجولاً فقد وضع السلسلة التالية :

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{5} - \frac{1.4}{5.7.9} - \frac{(1.3)\,(4.6)}{5.7.9.11.13} - \frac{(1.3.5)\,(4.6.8)}{5.7.9\ \dots\ 15.17} - \dots$$

وفي مطلع القرن التاسع عشر عرفوا في اليابان قيمه لـ π تتضمن 26 كسراً صحيحاً وتحت اسم ينري (أو انري : مبدأ الدائرة) ، مورست نوعية من الحساب المتكامل عزي اختراعها ربما خطأ الى سيكي ، في حين أنه يعود الى تلميذه تاكيبي كينو Ta-Kébé-Kenko (كاتاهيرو وهو ساموري آخر) . وتطوّر مفهوم الينري في القرن الثامن عشر على يد الساموراي آجيما شوكوين Ajima Chokuyen الذي استكمل عمله من قبل يادا ياسوسي Wada Yasusi (1787-1840) ، ساموراي مقاطعة هاريما . وقد حسب هذا الأخير مثلاً سطح الكرة بأخذ أقصى الفرق بين أحجام كرتين موحدتي المركز .

وقد عولجت ايضاً دراسة المعادلات غير المحددة ، مثلاً من قبل ايدا آمي Aida Ammei بمناسبة المعادلة $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 = y^2$

وكانت ايضاً مسائل الدوائر المتماسة المحبوسة ضمن مثلث، أو ضمن دائرة أو ضمن مقطع من الدائرة (وتسمى في هذه الحالة مسائل المروحة) هي ايضاً شائعة جداً . وحل آجيما Ajima مثلاً مسألة الدوائر الثلاث المماسة والمحبوسة ضمن مثلث، مسألة n دوائر محبوسة كتاج داخل دائرة كبرى



صوره رقم 40 ـ العدد 90278 على الصوربان
(كرات موضوعة قرب الحاجز الوسط)

أما المربعات السحرية من أصل صيني، فظلت معروفة ومشهورة وكذلك جبر تنزان (اندنزيتو) وبواسطته استبق سكي Seki فكرة المحدّد وكذلك الاسلوب المسمى «اسلوب هورنر Horner». وساد مناخ من البحث الناشط في هذا اليابان الاقطاعي ، اقطاع طوكو غاوا Tokugawa . وكان التحفيز العلمي يتم بفضل تعليق مسائل مرسومة على ترس في المعابد يقترحها عالم رياضي على منافسيه ـ وهذه حركة تحدٍ فروسي لا تثير العجب من قبل هؤلاء العلماء الذين كانوا في معظمهم من الساموريين القدماء .

والطب الياباني هو أيضاً انطلق من الطب الصيني ففي ظل حكم آل طوكوغاوا ادت نهضة الفلسفة الصينية الكونفوشية الجديدة عند آل صونغ الى نهضة في طب الصونغ . واستمر العديد من الاطباء اليابان يركزون أعمالهم على نظرية العناصر الخمسة (وهي الخشب ، النار ، الارض ، المعدن ، الماء) وكلها ممثلة في الجسم البشري ، وعلى نظرية تطابق الكون الاكبر مع العالم الصغير اي الانسان . ولكن كردة فعل ظهرت مدرسة كو اي هو Ko-i-Ho التي انتقدت طب الصونغ واقترحت العودة الى الطب الصيني في بداية الكونفوشية . من ذلك ان غوتو غونزان Goto Gon-zan (1659-1733) عزا الامراض الى سوء الدورة في النفس الحيوي . ولكن هذه النظريات القديمة لم تعق تماماً تقدم الطب العملي : فقد قام تلميذ من تلامذة غوتو Goto ينسب الى المصادر الحارة مفعولاً على البنوما ، ويدرس خصائصها اي خصائص المصادر الحرارية على الاستطباب . وفي القرن 18 نشر كاغاواجين تسو Kagawa Genetsu مطولاً في القبالة سماه السانرون. واستمر يعتمد النظريات القديمة إنما فيما خص نمو النطفة وكذلك العناية أثناء الوضع ، والمعالجة بعد الولادة . واظهر حساً دقيقاً في الملاحظة . وبحثه خال ظاهرياً من تأثير غربي .

الاتصالات بالعلم الغربي ـ هذه المسألة مسألة تأثير العلم الغربي تطرح نفسها منذ وجوب

تقديم بيان بالعلم الوطني الياباني في العصر الحديث . لان اليابان كالصين ، كانت منذ نهاية القرن 16 قد اصبحت على اتصال بالعلم الاوروبي وتطورت هذه الاتصالات عبر 3 مراحل مختلفة جداً : مرحلة يسوعية وبرتغالية حتى سنة 1630 ؛ ومرحلة هولندية خفية 1630-1720 ؛ ومرحلة هولندية شرعية 1720-1868 .

في أواخر القرن 16 وصل الى اليابان الغربيون الأولون ؛ وكانوا يسوعيين برتغاليين « نبن جن » (برابرة بحر الجنوب) . واتبعوا في اليابان تكتيكاً مشابهاً لتكتيك ريشي في الصين واكثروا من النشاطات العلمية . ونشروا كتباً في علم الفلك وادخلوا الكتب التي كانوا يطبعونها بذات الوقت في بكين . وفتح ب . الميدا P. Almeida مستشفى ومنه انتشرت جراحة برابرة الجنوب (نانبان روي جيكا) . وزرع الاطباء البرتغاليون قرب كيوتو 3 آلاف شجرة ونبتة طبية مجلوبة من أوروبا . وقام التلامذة اليابان ، تلامذة المبشرين بنشر العديد من المؤلفات الطبية : 55 قبل 1600 منها 10 مطولات في الجراحة و8 في طب العيون و 5 في الامراض النسائية . . .

ولكن لاسباب سياسية اتخذت الحكومة اليابانية اجراءات سريعة ضد الدعاية الدينية التي يقوم بها المبشرون الذين اتصلوا باقطاعيين عصاة . واعتبرت المسيحية خارج القانون . وسوف يصبح العلم الحديث في اليابان قريناً بالعقيدة المسيحية أكثر مما هو في الصين . وفي سنة 1630 صنع قيم القصر او الشوغون كل كتب العلم الغربية باعتبارها من أدوات الدعاية اليسوعية أما الكتب القائمة فقد اتلفت ومنعت استيراد كتب جديدة واعدم الفلكيون الميالون إلى الغرب مثل هياشي كيشي Hayashi Kichiuyemon وكوباياشي كانيسادا Kobayashi Kanesada عندما قامت الثورة المسيحية سنة 1637 .

رنغاكو Rangaku او المعرفة الهولندية في اليابان بخلال القرن 17 حتى القرن 19 ـ وكان على اليابانيين الراغبين في تعلم العلوم الجديدة أن يقوموا بذلك بصورة سرية تحت طائلة العقوبات القاسية . وفي هذه الحقبة الثانية سوف يكون الدور الكبير للتجار الهولنديين المسموح لهم منذ 1641 من قبل الشوغون بإقامة وكالة تجارية في جزيرة ديشيما Deshima في مواجهة ناغازاكي وكان وجودهم يساعد على انتشار العلم الحديث من وجهين : من جهة كان المترجمون اليابانيون في منشآت ناغازاكي غير مطلعين علمياً ولكنهم على اتصال دائم بالتقنية العالية لدى الهولنديين (طب ، ملاحة ، وآلات متنوعة ،) وقد اهتموا بهذا العلم الغربي . ومن جهة أخرى وعملاً بالاتفاقية المعقودة بين الحكومة اليابانية والهولنديين ترتب على هؤلاء أن يرسلوا كل سنة سفارة تقدم الطاعة لدى شوغون في يادو . وكان الفلكيون والرياضيون اليابان كثيري العدد في العاصمة ولم يفوتوا هذه الفرصة لكي يتحادثوا مع الهولنديين ، وبصورة خاصة مع الطبيب الملحق بالوكالة التجارية والذي يعتبر عادة جزءا من البعثة .

وهكذا نمت في اليابان في آخر القرن 17 ، وانطلاقاً من هذه النشأة المزدوجة ، ورغم الحظر الحكومي حركة ناشطة تهتم بالعلم الحديث وسميت رانغاكو أو العلم الهولندي . هذه الحركة كانت من

القوة حتى حملت الشوغون يوشيمون الى رفع المنع سنة 1720 عن المؤلفات العلمية الغربية أما المؤلفات السياسية والدينية فبقيت ممنوعة .

وعيّن الطبيب وأمين المكتبات أوكي بونزو Aoki Bunzo « استاذ العلم الهولندي » وانصرف في باديء الامر الى وضع معجم علمي هولندي ياباني نشره سنة 1761 . وتقليداً له وبفضل دروسه اخذ العديد من رنغاكوشا (أو المتخصصون في العلم الهولندي) يدرسون العلم الحديث بواسطة كتب هولندية . وخلال هذه الحقبة الثالثة (القرن الثامن عشر والتاسع عشر) ، سوف يزدهر الرنغاكو في اليابان وخاصة في الطب والفلك والجغرافية . وانتشر الطب المستحدث الغربي منذ حقبة الاتصالات السرية ووصل الطبيب الهولندي من ديشيما ، كاسبار شانبرجن Caspar Schambergen الى اليابان سنة 1649 ، فعلّم بعض التلاميذ . وشاعت طبعة يابانية من مؤلفات انبرواز باري Ambroise Paré في بداية القرن الثامن عشر. ولكن المرسوم اللبرالي الذي أصدره يوشيمون Yoshi-mune (1720)سوف يقدم امكانات أكبر بكثير. وفي 4 آذار 1771 حضر تلميذ من أوكي هو مايينو ريوتاكو Aoki Mayeno Ryotaku ، بصورة سرية مع بعض اصدقائه ، وبفضل تواطيء الجلاد ، تم تقطيع جسم امرأة محكومة بالاعدام . وكانت غايتهم التثبت من الجداول التشريحية الهولندية التي اشتروها من ناغازاكي ، ولاحظوا بدون خطأ ممكن أن هذه الجداول تناقض تماماً التشريح الياباني التقليدي . واعد مايينو وأصدقاؤه بعد هذه الليلة التاريخية، نقلاً عن هذه الجداول (جداول كولموس Kulmus) طبعة ظهرت سنة 1774 . وهناك رنغاكوشا اخر هو هوشينو ريوتسو Hoshino Ryoetsu ، صنع سنة 1798 هيكلاً من الخشب . ودرب الاطباء ومكتب التمثيل الهولندي في ديشيما ، وبصورة خاصة ب . ف . فون سيبولد P. F. Von Siebold (الذي وصل سنة 1822) العديد من التلاميذ . منهم هانوكا شيسو Hanaoka Seishu (1760-1835) ، الذي مارس استخراج الخراجات والبواسير المخرجية ، والإقتطاعات وعرف استعمال النار كوتيك أو المسكنات . ولكن هؤلاء الاطباء « على الطريقة الهولندية » (رانبو - ي) لم يكونوا يشكلون الا طليعة ضئيلة . وتدل روايات ش . ب . تنبرغ C.P. Thunberg (طبيب من ديشيما بعد سنة 1775) كيف أن غالبية زملائه ظلوا يمارسون بصورة حصرية المداواة بالإبر ، والكيّ وغيرها من التقنيات التقليدية .

وكان علم الفلك بسبب أهمية الرزنامة دينياً ومدنياً شأناً في شؤون الدولة في كل الامبراطوريات الآسيوية القديمة . وشجع الشوغون يوشيمون Yoshimune الفلكي ناكان جنكي Nakane Genk-ei على متابعة دراساته في الفلك رنغاكو (التي عالجها ناكان Nakane حتى قبل مرسوم 1720 ، كدراسة الكسوفات مثلاً) ، وعينه سريعاً مديراً للمرصد الذي أسسه في يدو . وانتشر هنا علم الفلك الكوبرنيكي . وألف ترجمان من ناغازاكي ، موتوكي ريو Motoki Ryoei (مات سنة 1749) ، أول كتاب يعرض فيه محورية الشمس ، في الشرق الاقصى . وكان هوشي بنري Hoashi Banri ، مثقفاً من أوزاكا وهي مركز آخر كبير في علم الفلك نصيراً متحمساً لهذا النظام الكوبرنيكي ، حتى أنه نسب لنفسه اكتشافه . ولكن بعض الفلكيين اليابانيين ، المتأثرين بالكتب التي صدرت في بكين في القرن

السابع عشر ، على يد اليسوعيين ، ظلوا المتمسكين الاخيرين بمحورية الارض البطليموسية

أما في مجال الرياضيات فقد كان من الاصعب توضيح مدى التأثير المتبادل بين العلم الـرنغاكـو والعلم الياباني الوطني . نعرف مثلا ان الرياضي الكبير الياباني في القرن 18 آجيما Ajima كان يعرف علم المثلثات الكروي الغربي . ودخلت اللوغاريثمة الى اليابان سنة 1767 ، بفضل نشر وطبع مطول صيني عن اللوغاريثم في اليابان .

وفي مجالات أخرى ايضاً شرع رنغاكوشا يدرس بحماس العلوم الآتية من أوروبا . وفي سنة 1720 شرع نورو جنجو Noro Genjo بدراسة الهولندية بناء على أمر من الشوغون ،وبذات الوقت مع اوكي Aoki ، ونشر الاول سنة 1750 كتابه « تفسيرات يابانية لعلم النبات الهولندي » . ونشر شيبا كوهان (1738-1818) وهو رنغاكوشا شهير ، سنة 1783 ، ووفقاً للاسلوب الغربي ، أول صور محفورة على النحاس ظهرت في اليابان منذ إخراج اليسوعيين في القرن 17 . كما طبع أيضاً خارطات فلكية ، وكذلك في سنة 1789 وضع وصفاً جغرافيا للغرب . ومنذ سنة 1785 نشر الخرائطي هـاياشي شيهي Hayashi Shihei أول أطلس من الاطالس اليابانية التي تتضمن خطوط الطول وخطوط العرض .

التوازي مع الصين ـ وإذاً فقد أنجز العلم الحديث في اليابان تقدماً محسوساً أكثر من الصين ، خاصة منذ منتصف القرن 18 . وكان الفرق ظاهراً . وصدر كتاب ياباني حـول الميكروسكـوب سنة 1801 ، وذلك في نفس الوقت الذي اظهر فيه المثقف الصيني فنغ شن Feng Chen احتقاره الشاعري لهذه الآلة . وهذا الوضع يمكن أن يفسر بالفوارق بين تسلسلية النقل الهولندي والنقل اليسوعي . إن التقديم العلمي الهولندي الى اليابان لم يكن ناتجاً عن رغبة منهجية في التأكيد على تفوق الغرب . بل إن المحرك الوحيد فيه هو شهية العلم لدى العلماء اليابانيين، والتجار الهولنديون (باستثناء طبيب المكتب التجاري) لم يريدوا ولم يستطيعوا تقديم تعليم يضارع في قيمته تعليم المبشرين الرياضيين والفلكيين في بكين . لقد ترك الرنغاكو Rangaku وشأنهم . وكان عليهم أن يستجلوا بالتعب والمشقة مضمون مطولات مكتوبة بلغة لم يكونوا يمتلكوا منها إلا معلومات أولية . لقد هضموا العلم الحديث من تلقاء أنفسهم .

ويبقى علينا ـ وهنا أيضاً ينتهي درس فصل ضيق ظاهرياً عن تاريخ العلوم في الشرق الاقصى الى موضوع ذي أهمية تاريخية أكبر وأعم ـ ان نشرح لماذا يابان طوكوغاوا كانت أكثر انفتاحاً وتقبلاً من صين تسنغ Ts'ing . ان دراسة الأسس الاجتماعية للعلم الحديث في اليابان الا يمكن أن توضع هنا أيضاً في الطريق السليم ؟ في اليابان ، يابان القرن 18 و 19كان تطور الانتاج التجاري والمصفى اكثر تقدماً مما هو في الصين ، وبخاصة في مراكز مثل يادو واوزاكـا و ناغازاكـي ، وهي المراكز التي ازدهر فيها رنغاكو وأمكن ايضاً من جهة أخرى أن نلاحظ ان الكثير من الرياضيين اليابانيين كانوا متحدرين من أوساط الساموراي : وهذا حدثٌ ملفت الى تفكك المجتمع الاقطاعي القديم والى تطور هذه الفئة العسكرية التي منذ أواخر الحروب التي وقعت بين الاقطاعيين في القرن 16 قد توجهت نحو النشاطات الادارية والمالية والاقتصادية في اقطاعات النبلاء ، وهو أمر أعطى اليابان الحديثة قسماً كبيراً من كادراتها .

وإذاً اقترن العلم الحديث في اليابان في القرن 19 بقوى التجديد الاجتماعي والسياسي في البلد .

وقد شكل هذا العلم خطراً وعته حكومة الشوغونية تماماً فاتخذت ضد خطره تدابير قمعية متأخرة ، بعد أن عادت عن تدابيرها الليبيرالية التي سادت في القرن 18 ويعتبر مسلك تاكانو شووي Takano Choei نموذجياً اذ كان هذا العالم هو الأبرز بين رنغا كوشا عصره . فقد كان مؤلفاً لمطولات في علم النبات والمعادن والجغرافيا ، كما كان عضواً ، بذات الوقت ، في نادٍ اصلاحي ، وقد أوقف عدة مرات لهذا السبب . وحكم عليه في سنة 1840 بالسجن لمدى الحياة لانه غش الشعب بعلمه وتعليمه العصريين . هذا « الجيوردانو برونو » الياباني رد على متهميه بأباء وبعمل ايماني بالعلم :

« نحن لا نعرف رجلاً طلع الى السماوات ، ولكننا نحن عندنا فلكيون ، ونحن لا نعرف شخصاً نزل الى باطن الارض ولكن عندنا علماء جيولوجيا . . . توجد عين داخلية بواسطتها يمكن أن نرى هذه الاشياء » (ذكره ج . ب . سانصوم G.B Sansom اليابان والعالم الغربي) .

وهرب من سجنه سنة 1844 ، ولكنه أعيد القبض عليه ، فقتل بالهاراكيري Harakiri سنة 1850

في أواسط القرن 19 لم يكن العلم الحديث قد تسرب الى الصين والى اليابان بعد الا بشكل محدود جداً . ولكن تفاعلية شمولية العلم قد تكونت فيهما ، على أثر نشاط اليسوعيين المبشرين ، والتجار الهولنديين والعلماء الصينيين واليابانيين الذين استلهموا هذا النشاط . ولكن هذه التفاعلية اصطدمت في اليابان كما في الصين ، بعائق النظام السياسي القديم والاقتصادي أيضاً ، ذلك أن العناصر الحاكمة في هذين البلدين قلما كان لها مصلحة في تشجيع العلم الحديث (باستثناء بعض الحالات الفردية) ، بل كانت في أغلب الأحيان معادية له . وتصفية النظام القديم وحدها ، والتي حدثت بصورة تدريجية في الشرق الأقصى بخلال القرن 19 والقرن 20 ، جعلت من الممكن انتشار العلم الشامل في هذا الشرق .

مراجع الفصل الأول

العلم الصيني

Science chinoise : H. Bernard-Maître, Les adaptations chinoises d'ouvrages européens (*Monumenta Serica*, 1945) ; Id., Ferdinand Verbiest (*Id.*, 1940) ; Id., *Matteo Ricci's scientific contribution to China*, Pékin, 1935 ; Id., Notes on the introduction of natural sciences into the Chinese Empire (*Yenching Journal of social studies*, II, 2, 1941) ; Id., *La science européenne au tribunal astronomique de Pékin*, Paris, 1951 ; P. d'Elia, *Galileo in Cina*, Rome, 1947 ; W. Fuchs, Materialen zur Kartographie des Mandju-zeit (*Monumenta Serica*, 1935 et 1938) ; L. Pfister, *Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l'ancienne mission de Chine*, 2 vol., Changhai, 1932-34 ; A. H. Rowbotham, *Missionary and mandarin*, Univ. of California Press, 1942 ; A. Wylie,

Notes on chinese litterature, Changhai, 1902 ; ID., *Chinese researches*, Changhai, 1897. Cf. aussi le Dictionnaire biographique de HUMMEL, *Eminent Chinese of the Ch'ing period*, Washington, 1944 (en particulier les notices sur Ho Kouo-tsong, Siu Kouang-k'i, Li Chan-lan, Li Tche-tsao, Lo Che-lin, Mei Kou-tcheng, Mei Wen-ting, Tai Chen, etc.). D'une façon générale, nous renvoyons le lecteur désireux d'approfondir certaines des conclusions présentées ci-dessus à l'ouvrage *Science and civilisation in China*, publié par Joseph NEEDHAM avec la collaboration de WANG LING et dont les huit ou neuf volumes sont en cours de publication à la Cambridge University Press. Mentionnons enfin une série de publications postérieures à la première édition de ce volume : G. BONNANT, The Introduction of Western Horology into China (*La Suisse Horlogère* (Inter. ed.), 1960, LXXV, nº 1 ; Sep. pub., Geneva 1960) ; P. DEMIÉVILLE, Les premiers contacts philosophiques entre la Chine et l'Occident (*Diogène*, nº 58, 1967) ; P. d'ELIA, The double Stellar Hemispher of Johann Schall von Bell, S.J. (*Monumenta Serica*, 18, 1959) ; ID., *Galileo in China ; Relations through the Roman College between Galileo and the Jesuit scientist missionaries (1610-1640)*, transl. by R. SUTER and M. SCIASCIA, Cambridge University Press, 1960 ; P. HUARD et M. WONG, Analyse de livres chinois concernant l'histoire des Sciences (*Janus 47*, 1958) ; J. NEEDHAM, *Chinese Astronomy and the Jesuit mission : an encounter of cultures*, London, 1958 ; Ying-hsing SUNG, *Chinese Technology in the XVIIth century : T'ien-kung k'ai-wu*, transl. by E-tu-Zen SUN and Shiou-chuan SUN, The Pennsylvania State University Press, 1960 ; B. SZCZESNIAK, The 17th-Century Maps of China ; an inquiry into the compilations of European Cartographers (*Imago Mundi*, 1956, XIII-116) ; G. Ho-ching WANG, *China's opposition to western religion and science during the late Ming and early Ch'ing*, Ann Arbor, Mich., University Microfilms, 1958.

اليابان

Japon : C. R. BOXER, *Jan company in Japan, 1600-1817*, La Haye, 1936 ; ID., *Christian century in Japan, 1549-1650*, Londres, 1951 ; Y. FUJIKAWA, *Geschichte der Medizin in Japan*, Tokyo, 1911 ; D. KEENE, *The japanese discovery of Europe. Honda Toshiaki and others discoverers (1720-1798)*, Londres, 1952 ; A. KOBORI, *Les étapes essentielles des mathématiques au Japon*, Paris, 1957 ; A. KUWAKI, Western science in later Tokugawa period (*Cultural Nippon*, 1941) ; Y. MIKAMI, *The development of mathematics in China and Japan*, Leipzig, 1913 ; C. OKUMA, *Fifty years of New Japan*, Londres, 1910 ; Sir G. B. SANSOM, *The Western World and Japan*, Londres, 1950 ; D. E. SMITH et Y. MIKAMI, *A history of japanese mathematics*, Leipzig, 1914 ; B. SZCZESNIAK, The penetration of the copernican theory into feudal Japan (*Journal of the royal asiatic society*, 1944) ; I. VEITH, Medicine in Japan (*Ciba symposia*, 1950) ; Beginnings of japanese obstetrics (*Bulletin of the history of medicine*, 1951) ; S. ARIMA, The Western influence on Japanese military science, shipbuilding and navigation (*Monumenta Nipponica*, 19, nºs 3-4, 1964, Tokyo) ; A. EBISAWA, The Jesuits and their cultural activities in the Far East (*Cahiers d'Histoire Mondiale*, vol. V, nº 2, 1959) ; H. HIROSE, The European influence on Japanese Astronomy (*Monumenta Nipponica*, 19, nºs 3-4, 1964, Tokyo) ; H. OHMORI, A Study of the Rekisho Shinsho (*Japanese studies in the History of Science*, nº 2, 1963) ; R. OTORI, The Acceptance of Western Medicine in Japan (*Monumenta Nipponica*, 19, nºs 3-4, 1964, Tokyo) ; H. SAIGUSA, Japanese Astronomy in the Tokugawa erá (*Japan Quarterly*, 5, July/Sept. 1958) ; G. B. SANSOM, *The Western World and Japan*, New York, Knopf, 1962 (nouv. édition) ; M. UENO, The Western Influence on natural History in Japan (*Monumenta Nipponica*, 19, nºs 3-4, 1964) ; K. YABUUTI, The pre-history of modern Science in Japan ; the Importation of western Science during the Tokugawa period (*Cahiers d'Histoire Mondiale*, vol. IX, nº 2, 1965) ; S. YAJIMA, The European influence on physical Science in Japan (*Monumenta Nipponica*, 19, nºs 3-4, 1964, Tokyo).

الفصل الثاني :

العلم الهندي في القرن الخامس عشر إلى القرن الثامن عشر

من القرن 15 الى القرن 18استمر العلم الهندي في الانتشار في كل ارجاء الهند بل انه انتشر في بعض البلدان المتأثرة بالهند . ولكنه قلما كان يتجدد . ان الفتوحات الاسلامية أوقعت ضربة خطيرة في القوة الابداعية للحضارة الهندية في معظم اجزاء البلاد . لقد احتفظ التراث العلمي القديم بوجوده ، ولكنه تأثر بمنافسة العلوم الاجنبية التي جلبها المسلمون ، ولذا اعتبر وكأنه ملك خاص يجب المحافظة عليه ضد الدخيل الأجنبي . وعملت الاوساط البراهمانية والهندوسية التي كانت ترعى هذا العلم على الدفاع عن مضمونه المقدس أكثر مما عملت على تطويره ببحوث جديدة . إن الخطر الاجنبي عمل على تمتين التراثية المتمسكة ، واستبدل شهوة الاكتشاف بالحرص على المحافظة . وكان المهم ليس تطوير العلم بل إظهار قيمته في مواجهة العقائد الدخيلة . ولم تبرز النوايا التناظرية في النصوص الرئيسية . إن هذه النصوص لم تحارب العقائد الجديدة ؛ بل تجاهلتها أما تصنعاً ، وأما لانها انبثقت عن أوساط أغلقت ابوابها ضد كل اتصال خارجي . ولكن حتى في هذه الاوساط التي رفضت التعرف على الأفكار الخارجية ، كان وجود هذه الافكار محسوساً وبغيضاً بحيث نما التعلق الشديد بالتعاليم القديمة .

ومن جهة اخرى كانت المعارف المستوردة من قبل المعلمين الاجانب ، في معظم الاحيان عملية تجريبية مثل الوصفات الطبية أو الخيميائية ، أو مثل جداول الحسابات الفلكية ، ولم تصدر عموماً عن حركة أصيلة تقدمية كالتي عرفتها العلوم الاسلامية في الهند فهذه المعارف المستوردة لم تكن لتحفز العلم الهندي على المنافسة . وعندما اعتمدها العلم الهندي ، وهذا ما حصل خارج الاوساط الارثوذكسية، الامر الذي وقع هو أن هذا العلم قد امتصها في مجمله دون أن يجد فيها مادة مراجعة لعقائده العامة .

وفي جنوب شبه الجزيرة الهندية ، وفي مجال الثقافات الدراويدية كان التأثير الاسلامي أقل بكثير . بل إن هذا التأثير قد حُدّ منه ، بفضل نهضة براهمانية قامت في امبراطورية فيجاياناغار في القرن الرابع عشر حتى القرن 17 . ولكن هذه النهضة كانت على العموم تقليدية وغير تجديدية . وقد ساعدت في الجنوب على تقويه التعاليم الكلاسيكية السنسكريتية ، بحسب التيارات المحافظة في الشمال والمعارضة للمد الإسلامي .

إن ردة الفعل البرهمانية التقليدية لم تكن موجهة فقط ضد الاسلام . لقد بدأت قبل دخول

الاسلام الى الهند بوقت طويل . ولكنه جعلها أكثر حيوية وأكثر استمرارية ، وذلك حين برز كخطر أكيد . وعدا عن الحركات الخارجة بالنسبة الى البراهمانية ، أمثال حركات البوذية والجاينية ، وعدا ايضاً عن الحركات المادية ، هناك تياران قد ظهرا وحولا الافكار بآنٍ واحدٍ عن التراث البرهماني وعن الاهتمامات التي رمت الى تفسير عمليات الطبيعة بشكل عقلاني . من هذه الحركات الخارجة ، حركات كتب التقنية الدينية ، « التنترا » التي تأمر بباطنية رمزية وتهتم أكثر بالتكييف السيكولوجي عند الاتباع أكثر من إهتمامها بقوانين الطبيعة . ومن هذه الحركات الاخرى حركة بهاكتي Bhakti او التبتل التي ترد الكل الى حب الكائن الاسمى الذي تعزله الفلسفة عن الظاهرات الحدثانية .

هذه التيارات حولت الافكار عن العلم الحق ، والعودة التي حدثت باتجاه التراث البرهماني الكلاسيكي رجعت ، بصورة متأخرة بهذا العلم الى النقطة التي كان قد توصل اليها قبل أن يفقد نزعته الى البحث ، اي الى النقطة التي أوقفه عندها شراح القرون الوسطى .

I ـ الرياضيات وعلم الفلك

احتفظت نصوص علم الفلك التي أُلفت فيما بين القرن 15 والقرن 18بالاسس المسماة « سوريا سيدهنتا » وفروعها وتكيفاتها . وهذه الاخيرة عملية تطبيقية بصورة أساسية وتهدف الى الوصول الى حسابات كان يحتاجها علم التنجيم بعد أن تطور أكثر فأكثر وأصبح شعبياً .

ويمكن أن نذكر في الادب الفلكي بخلال تلك الحقبة ، باعتباره منتمياً الى تراث « السوريا سيدهنتا » ، « المكارندا » لسنة 1478 ، وهذا الكتاب كتب في بينارس وشرح شرحاً مشهوراً في القرن 17 (1620) ، ثم « المكارند فيغارانا » للمؤلف نرسيمحا Nrsimha ، وكذلك « لغراهالا غهافا » ، وهو موجز في حساب مواقع الكواكب وضعه غانيسا ديفاجنا Ganeçadaivajna سنة 1520 . وكان هذا الاخير مؤلف مطولين الاول اصغر والثاني أكبر ، حول احتسابات الايام القمرية (تيثي ، وتيثي ستاماني) . وتأخذ كتبه من تراث اريابهاتا Aryabhata التي عدها لالا Lala (راجع المجلد 1 ، الفصل الثالث من القسم الثالث) ، وقد سادت كتبه بصورة خاصة في بلاد ماراث وفي الديكن الوسطى . أما في الجنوب فقد ساد تراث اريابهاتا (أي فاكيام في اللغة التامولية) ، الى جانب تراث السورياسيدهنتا (شيتندام) .

التأثيرات الاجنبية ـ في القرن 17 ورغم الفرق الثقافي بين الاوساط التقليدية الهندية والاوساط ذات المنشأ الاجنبي ، اعتمد علم الفلك العربي والاوروبي ، في بعض الاحيان ، وبصورة جزئية من قبل المؤلفين الهنود . وأخذت السيدهنتا فيفيكا للمؤلف كامالاكار Kamalakara ، لسنة 1658 استعارات عن علم الفلك العربي . وفي القسم الاول من القرن 18 شجع المهراجا جاسنغ Jaysingh الثاني (1699-1743) بقوة علم الفلك ، فأمر بجمع كل الوثائق التي يمكن الوصول اليها عربياً وأوروبياً (وبخاصة جداول لاهير La Hire) لكي يضيفها إلى علم الفلك الهندي ، كما أقام مراصد في عدة

مدن مهمة : جيبور Jaypur ، التي أسسها بنفسه ثم اوجايني Ujjayni الذي كان خط الهاجرة فيها نقطة الانطلاق التقليدية لخطوط الطول ، ثم بنارس ودلهي وماتورة Bénarès, Delhi et Mathura وهذه المراصد اشتملت على أدوات ذات أحجام كبيرة كأبنية ظلت محفوظة في غالبيتها .

الاهتمام بعلم الفلك الهندي في القرن 18 ـ اهتم الاوروبيون منذ نهاية القرن 17 ، وبصورة خاصة بمناسبة بعثات لويس 14 إلى سيام ، بتحديد مدى وقيمة المعارف العلمية ، وخاصة الفلكية والرياضية لدى شعوب الهند . ودرس الفلكيون الفرنسيون وخاصة آل كاسيني Cassini ثم جنتيل Gentil علم الفلك السياسي ، المتفرع من الهند ، وعلم الفلك الهندي بالذات ، عدة مرات في القرن 18 ، أما سنداً للمستندات الحاصلة بفضل المسافرين والمبشرين ، أو مكانيا كما كان الحال بالنسبة الى جنتيل Gentil في مدينة بونديشيري .

ولاحظ الاوروبيون أن غالبية المنجمين الهنود ، كانوا يستعملون بصورة ميكانيكية ، وبمهارة فائقة ، جداول حسابية ، دون أن يرصدوا السماء ، ودون أن يمتلكوا معلومات عميقة عن الخارطة الكونية (كوسموغرافيا) . واستنتجوا من ذلك أن العلم الفلكي الهندي لم يكن اصيلاً . ولكنه استعار فقط ، من اجل احتياجاته العملية للتنبؤ بالكسوفات ولاقامة الابراج ، نتائج مأخوذة من الخارج أو عن تراث قديم منسي . وافترض بايلي Bailly وجود شعب قديم رائع في علمه احتفظت الهند ببقايا معارفه . وبصورة أعم ، حكم بأن الهند تلقت النتائج الفلكية التي تستعملها من الصين أو من العالم اليوناني والعربي . والحقيقة الثابتة عن الاستعارات من علم التنجيم اليوناني ، دعمت غالباً الرأي القائل بعدم وجود علم فلكي هندي خالص . نحن نعرف الآن ان هذا الرأي كان مضللاً ، لان نظام تتبع مواقع الكواكب في نكشاترا (مجلد 1 ، الفصل الرابع من القسم الأول) يمثل علم فلك غير بروجي ، بارز في الهند قبل ادخال علم الفلك البروجي وظل باقياً الى جانب هذا الأخير . ولكن البحث الفلكي والرياضي قد توقف فعلاً في الهند ، بخلال القرن 18 . والنتائج الحاصلة لم تكن قد استعملت بحق إلا من قبل المتخصصين في الحسابات من أجل الاحتياجات التنجيمية .

II ـ الكيمياء والطب

ظلت الكيمياء من جهتها تستعمل بشكل تطبيقي خالص من اجل غايات الخيمياء ومن اجل الغايات الاستطبابية . ومجموعات الوصفات قد تكاثرت ، مجترّة باستمرار مادة الكتب الأكثر قدماً .

أما بعض التجديدات فلم تكن إلا ظاهرية . لانها تعلقت بتغيرات في تسمية المواد المذكورة وبتغيرات في العرض أكثر مما هي دراسات جديدة .

وقد كان الحال كذلك في الطب حيث استمرت العقائد القديمة بدون تغيرات كبيرة رغم العدد الضخم من مجموعات عناصر التشخيص والتطبيب التي سبق جمعها .

وفي أيام الملك أكبر عمد الراجا تودر مال Todar Mall ، الذي كان في خدمة الامبراطورية المغولية الا أنه بقي متمسكاً بعمق بالثقافة الهندية وحريصاً على جمع العناصر لحفظها ، هذا الراجا أمر بجمع مجموعة طبية كبيرة وسط مجموعة ضخمة من المطولات حول مواضيع اخرى . وهذه المجموعة قصد بها تشكيل نوع من الموسوعة بالمعارف الهندية الخالصة في مواجهة المد الاسلامي .

ان الاستعارات التفصيلية من هذا المد الاسلامي كانت كثيرة في كتب الطب ، وفي المادة الطبية النباتية أو الحيوانية ، وفي المادة الطبية المعدنية أو الخيميائية . وبعض الكتب استوحت، على الاقل في غاياتها الاساسية ،معلومات أجنبية أضفي عليها الطابع الهندي المصطنع . من ذلك كتاب اركابركاسا وتعنى في السنسيكرتية « ضوء الشمس » ،وهو في الواقع كتاب يبحث « ضوء العرق » اي الكحول الناتجة عن مختلف التقطيرات المسماة بالعربية عرق .

وبالنسبة الى بعض الامراض أو الادوية هناك تسميات اخذت عن التسميات الشعبية أو العلمية الاسلامية . والبهافا براكاسا ، وهي مطول طبي من القرن السادس عشر يسير على نهج المطولات السنسيكرتية القديمة ، عرف السفلس باسم الفيرانجيروغا أو مرض الافرنج أو الفرنجة كما يقول المسلمون عندما يقصدون الاوروبيين وبالمناسبة البرتغاليين بشكل خاص .

وهناك طبقة كاملة من الكتابات الطبية تشكل الادب الطبي المسمى باليوناني والموجود باللغة السنسيكرتية ، وبصورة خاصة باللغة التامولية ، وبمختلف اللغات الهندية الآرية الحديثة . والقصد هنا هو الطب العربي المسمى باسم يدل أصلاً على كلمة اغريقي (يوناني باللغة السنسيكرتية) ولكنه استخدم فيما بعد ليدل باللغات الهندية على كل ما له علاقة بالمسلمين باعتبارهم قد حلوا محل اليونان الاقدمين كغربيين مثقفين .

إنتشار العلم الهندي ـ على الرغم من بطء النشاط الخلاق ، وخسارة القوة الاشعاعية في الحضارة الهندية الخالصة ، تحت حكم المغول ، استمرت الهند تحتفظ في بعض المناطق بنوع من التأثير في المجال العلمي . فقد بقيت المواد الطبية والمفاهيم الهندية تنتقل نحو ارخبيل اندونيسيا حتى من قبل المسلمين الذين كانوا يذهبون من الهند ويحملون وينقلون الاستعارات عن وعي لهذه المعارف .

ولكن في التيبت بشكل خاص استمر التأثير العلمي الهندي يمارس قدرته في الحقبة المتأخرة . وفي القرن 17 صدر شرح كبير لرجيود ـ بزي Rgyud-Bzi ترجمة لامهي تاهيادا L'Amytahydaya وقد كتب تحت عنوان فيدوريا غونبو ، ويدل على معرفة عميقة بالتراث الطبي الهندي . ومن جهة أخرى ، وبشكل خاص ، أنه في القرن السابع عشر أقفلت المجموعة القانونية التيبيتية الكبرى حول الشروحات البوذية والمطولات التقنية المترجمة عن السنسكريتية باسم بستان جيور Bstan-Gyur (طنجور) وفيما بعد ترجمت هذه أيضاً الى المغولية .

إنها مجموعة تحتوي عدداً كبيراً من المطولات العلمية الهندية التي ترجم الكثير منها ، بدقة ، في

القرن 17 تحت حكم الدلاي لاما (زعيم البوذيين) الخامس . وقد شجع هـذا الأخير نهضـة العلم التيبيتي المرتكز على العلم الهندي ، كما شجع بشكل خاص الترجمة الى التيبيتية ، لكتب ـ مفاتيح في الأدب السنسيكريتي ، ابتداء من الكتب القواعدية الكلاسيكية والمعاجم التي تمكن التيبيتي من الرجوع المباشر الى المصادر الدينية البـوذية والى المصـادر العلمية والتقنيـة الهندية العاريـة من أية صفـة دينية خاصة[1] .

(1) بشأن المرجعية في هذا الفصل ، يرجع الى المرجعية المذكورة في المجلد 1 طبعة 2 ص 177 .

الفصل الثالث :
العلوم في اميركا المستعمرة

I ـ الاطار التاريخي

بعد اكتشاف كريستوف كولومبس ، وجهت أوروبا نحو أميركا موجات من المهاجرين سوف يعطون لهذه القارة ، اعراقاً وحضارة اصيلين عند اكتشافها ، حضارة أوروبية خالصة

ولكن أميركا الجنوبية وأميركا الوسطى ، المستكشفتين بشكل فجائي . والمأهولتين ثم المستثمرتين بشكل غير متساوٍ التقتا ، مع ذلك ، وبعد أقل من خمسين سنة من الفتح ، سماتهما النهائية . أما أميركا الشمالية فستكون ابطأ ارتساماً ، والسكان البيض لم يتجذروا فيها الا بخلال القرن 17

أميركا الاسبانية ـ كان الاسبان أول الواصلين ولذا اخذوا حصة الاسد . وكان دافعهم البحث عن الذهب والافاوية وسراب البلاد الهندية ، وأوغلوا عميقاً بعيداً عن الشواطىء . وحوالى سنة 1550 كان المساحة التي سوف تبقى مؤسبنة قد تحددت تماماً وكمالاً تقريباً . وفي القرون اللاحقة ، تقدم الاسبان أكثر في أميركا الشمالية ، وفي كل مكان كان استعمارهم يتعمق .

وامتدت امبراطوريتهم الشاسعة في جزر الهند الغربية من ارض النار حتى كاليفورنيا ، مشتملة على قسم من أميركا الشمالية (غرب الولايات المتحدة الحالية ، وفلوريدا ، والمكسيك) ، وكل أميركا الوسطى وأميركا الجنوبية ، باستثناء البرازيل البرتغالية .

وعمل انهيار الامبراطوريات الكبرى الازتيك والانكا وامبراطورية مايا ، التي كانت متهاوية ، ثم استعباد الشعوب الهندية واجبارها على الدخول في المسيحية ،كل ذلك عمل على زوال الحضارة المحلية زوالاً شبه كامل وعلى استبدالها بالحضارة الاوروبية المسيحية .

والرابط بين اسبانيا وامبراطوريتها الذي كان وثيقاً في بادىء الامر ، سياسياً واقتصادياً انقطع بشكل نهائي في الثلث الاول من القرن التاسع عشر .

واعتبرت بلاد الهند الغربية كاملاك للتاج فحكمت مباشرة من مدريد من قبل الملك ومجلس بلاد الهند . وقد تغير النظام قليلاً عبر العصور . محلياً كان نواب الملك ،اثنين ثم أربعة يحكمون ممالك غير

متساوية (اسبانيا الجديدة والبيرو ـ الاكثر قدماً ـ وغرناطة الجديدة (1717) ، وريو دي لا بلاتا Rio de la Plata (1776)). وكان هناك امراء حاميات عامون تحت سلطة نواب الملك يقيمون في غواتيمالا ، وفنزويلا والشيلي وهؤلاء الموظفون الكبار كانوا يرسلون ، دائماً تقريباً ، مباشرة من اسبانيا .

وكان البيض ، وهم قلة بالنسبة الى جماهير المهجنين والهنود والسود ، المالاكين الكبار للارض واصحاب السلطة الوحيدين . وباءت الجهود المخلصة ، جهود بعض الاسلاك الدينية ، لحماية الهنود واستجلابهم الى الثقافة الاوروبية ، بالفشل تقريباً ، بل انها ساعدت على استيراد العبيد من افريقيا .

وظلت الوصاية الاقتصادية لاسبانيا ، شديدة الوطأة لمدة طويلة . فلم يسمح بأية تجارة بين الممالك الاسبانية الاميركية ، وبصورة أولى ، بينها وبين البلدان الاجنبية . ونظراً لانعدام الرساميل واليد العاملة ، ظلت الحالة الاقتصادية متأخرة جداً . ولكن في أواخر القرن 18 ، اضطرت اسبانيا ، وقد جرت الى الحروب الاوروبية ، الى التخلي عن احتكارها الحصري . واخذت المستعمرات ، أكثر فأكثر ، تتاجر مع البلدان الاخرى بحرية وتتفاعل مع احداث أوروبا . خاصة وأن التسلطية (Despo-tismo Ilustrado) في حكم شارل الثالث (1759-1788)رغم أنها لم تنعكس في أميركا الا متأخرة ، ـ قد احدثت تجدداً فكرياً لا ينكر وساعدت بالتالي على تسرب الافكار الآتية من الخارج . وكانت النقمة ، الشديدة لدى المولدين ، تتاجج بأفكار الانسيكلوبيديين ، وبأمثلة من جمهورية الولايات المتحدة الفتية ، والثورة الفرنسية . وبعد استيلاء نابليون على شبه الجزيرة الايبرية وتنازل الملك ، تطورت حركات ثورية ، إنما بدون نجاح في الغالب ، في مستعمرات أميركا . وأدت السياسة الرجعية لدى فردينان السابع Ferdinand VII ، بعد 1815 الى العصيان والى استقلال الممتلكات الاميركية عن اسبانيا . وبعد تواجد دام أكثر من ثلاثة قرون في العالم الجديد لم تحتفظ اسبانيا الا بكوبا وببورتوريكو بشكل مؤقت . .

البرازيل البرتغالية ـ ادى اكتشاف البرازيل عرضاً من قبل كابرال Cabral ، سنة 1500 ، الى جعلها ممتلكات برتغالية . وكانت الحكومة مهتمة بالهند الشرقية أكثر ، فتركت في بادىء الامر الشعب للمبادرة الفردية . وبعد 1534 فقط ، وتقليداً لاسبانيا ، حاول الملك جان الثالث أن يثبت سلطته بقوة ، فأوجد ثلاث عشرة حاكمية عسكرية كان حكامها يعينون من قبله . وفي سنة 1548 تلقت البرازيل حاكماً . وفي فترة الاتحاد العائلي بين اسبانيا والبرتغال (1580-1640) انشىء مجلس للهند ، وكان امتياز لشبونة مطلقاً كامتياز اشبيلية . وفي القرن 18 ، حكمت البرازيل من قبل نائب للملك .

وكان المستعمرون البرتغال ، في بادىء الامر من صغار ابناء العائلات النبيلة ، ومن التجار والمهربين ، ثم فيما بعد من الفلاحين الآتين من آصور أو من ماديرا ، وقلّما حافظوا على نقاء دمهم ، فبدوا شعباً مهجناً يقطن البرازيل . وعدا عن البيض ، دخل العديد من العبيد السود منذ القرن السادس عشر .

أما الهنود ، فكانوا متأخرين جداً بالنسبة الى الهنود الذين التقاهم الاسبان في الجهة الاخرى من جبال الأندس، ووضعهم كان اشد قساوة من وضع هؤلاء الاخيرين . وقد هلك الهنود ، بآنٍ معاً بالاعمال العسكرية من قبل مستعمري المناطق الشاطئية وبالامراض التي نقلها هؤلاء المستعمرون ، ثم لوحقوا من قبل العصابات البوليسية ، واخضعوا لاشد أنواع الاستعباد قسوة ، فقام اليسوعيون الذين كان يدعمهم التاج أولاً ، بحصرهم في معسكرات كانت لهم فيها السلطة المطلقة . ولكن تحت ضغط الزراع الكبار الذين كانوا بحاجة إلى عبيد ، سحبت الحكومة تأييدها لليسوعيين الذين أخذت معسكراتهم تتضاءل . وفي القرن 18 ، وفي ظل حكم التسلط المتنور ، من قبل بومبال Pombal ، الغي استرقاق الهنود ، وطرد اليسوعيون من البرازيل سنة 1759 .

في القرن السادس عشر احتل البرتغاليون على شاطىء الاطلسي ، شريطاً رفيعاً من الارض تنازعوه في باديء الامر مع الفرنسيين ، الذين استبعدوا نهائياً في أواخر القرن السادس عشر ، ثم مع الهولنديين الذين جاءوا مع موريس ـ ناسو سيغن Maurice de Nassau-Siegen سنة 1637 ، ثم طردوا سنة 1654 .

أمام الاحتياج الى الاراضي الجديدة ، الذي تسبب به الاقتصاد الهدام للارض المتبع من قبل المستعمرين تحت ضغط من الباحثين عن الذهب ومن صيادي العبيد ، تقدم البرتغاليون نحو الغرب حتى جبال الاندس ، ونحو الجنوب نحو الاراضي الاسبانية نظرياً . وتحددت الحدود سنة 1777-1778 فاعطت للبرازيل مساحتها الحاضرة 8500000 كلم^2 . ولكن رغم السكان الناشئين في الهضبة المنجمية في ميناس جيرامس ، ظل ثقل السكان متمركزاً حول المرافىء : باهيا ، رسيف ، ناتال ، ريو دي جنيرو .

وتحولت البرازيل الى مملكة مستقلة ، على يد الامير ـ الوصي Prince-Régent الذي سوف يصبح جان السادس والذي هرب من البرتغال المحتلة من قبل الفرنسيين ، والمنفتح على التأثيرات الخارجية . ورأت البرازيل نفسها مهددة بالعودة الى حالة المستعمرة بعد أن عاد الملك الى عرشه في لشبونة . وشجع مثل المستعمرين الاسبان الحركة الانفصالية البرازيلية ، وتحت قيادة دون يدرو Don Pedro ابن ملك البرتغال ، أعلنت الامبراطورية الدستورية البرازيلية سنة 1821 .

الاستعمار الفرنسي في أميركا ـ ضمن خط الصيادين البرتغاليين تردد البحارة الفرنسيون الشواطىء الصخرية الكبرى في « الارض الجديدة » . وبفضل الصيد البحري ، اتصلوا بأميركا ، في وقت كان فيه بلاط فرنسا مهتماً بحروب ايطاليا ، وبالصراع ضد آل هبسبورغ Habsbourg . وطالب فرنسوا الاول بحق الاقامة في كل مكان اكتشفه الفرنسيون ، ولم يحتله فعلياً ملوك مسيحيون آخرون . إلا أن ملوك فرنسا ، وإن لم يهملوا الحملات بقصد اكتشاف بلدان الذهب والانتقال نحو « كاتي » قلّما دعموا المستوطنات الفرنسية في البلدان الجديدة .

في البرازيل ، استفادت المستوطنة الفرنسية التي أقامها فيلغنيون Villegaignon ، مساعد

الاميرال غاسبار دي كوليني Gaspard de Coligny ، لفترة قصيرة من الدعم الرسمي ، ولكن هذا الدعم كان غير كاف ، ورغم المقاومة العنيدة ، زالت « فرنسا القطبية الجنوبية » سنة 1560 تحت ضربات البرتغاليين .

في فلوريدا ، لم تنجح المنشآت الفرنسية التي أقامها ريني لودونيير René de Laudonnière ، وجان ريبو Jean Ribault ، رغم رعايتها في بادىء الأمر من قبل الحكومة . وقضت عليها حملة اسبانية سنة 1565 ، خاصة وإن مستعمريها كانوا من البروتستانت .

ولكن الفرنسيين ، قبل أن يمنعوا من الدخول الى أميركا الاستوائية ، اخذوا يتسللون الى أميركا الشمالية . فقد كان فرازانو Verrazano يحاول سنة 1524 ان يفتش فيها عبثاً عن ممر نحو « كاتي » . وذهب جاك كارتيه Jacques-Cartier لنفس الغرض ، وبلغ مصب سان لوران سنة 1534 ، وصعد النهر حتى موقع مونريال ، بخلال رحلته الثانية . وانتهت المحاولة الاولى ، الاستعمارية ، التي وقعت سنة 1541 ، بفشل كامل .

سنة 1603 ، وبناء لامر هنري الرابع ، عاد شامبلين Champlain الى الطريق التي اتبعها كارتيه وأقامت حفنة من الفرنسيين في البلد . وتأسست كبيك سنة 1608 . ووصل المبشرون وخاصة اليسوعيون باعداد بقصد « انجلة » البلد . وأقام الفرنسيون علاقات ممتازة مع بعض القبائل الهندية : الهورون . ولما كان الهنود الأمريكيون ، والاوركوا خاصة هم ملاك الارض الاولون فقد دافعوا عنها بعناد .

ولما كانت « فرنسا الجديدة » لا تدر لا ذهباً ولا أفاوية ، لم يهتم بها الملوك ، والوزراء وخاصة كولبير Colbert ، الا لفترات متقطعة . وكان العنصر السكاني الرئيسي قد قدمته جماهير السكان الفرنسيين في الغرب من فرنسا : بواتو ، فاندي ، نورماندي Poitou, Vendeé, Normandie ، مع جنود الفرق الملكية ، الذين ظلوا غالباً في مواقعهم ، ولكن ضعف كندا العظيم كان دائماً عدد سكانها غير الكافي .

ومع ذلك ، قطع المستوطنون الغابة ، وأسسوا المدن بحثاً عن الفراء الذي هو أهم عنصر في تجارة كندا ، وتقدم كنديون نحو الغرب ، حتى بلغوا البحيرات الكبرى ، ونزلوا مع مجرى نهر المسيسيبي ورجعوا بعد هذه الدورة نحو أميركا المستعمرة حيث استولى لاسال La Salle على لويزيانا سنة 1682 ؛ وبعد استكشاف كل السهول وصلت جماعة فاراندري Vérendrye الى الجبال الصخرية ، سنة 1743 .

إن كندا ، وأكاديا ، وبلاد الايلينوا ، ولويزيانا كلها شكلت « فرنسا الجديدة » ؛ ثم جزر الانتيل الفرنسية ، وغويانا ، ثم في الشيلي ، كثافة سكانية فرنسية تعد 4000 نسمة ، سنة 1746 ، اراد وزير البحرية الفرنسية جان فردريك فاليبو Jean-Frédéric Phélypeaux كونت دي موريباس Maurepas ، وبونشارتران Pontchartrain ، ان يحولها الى مستعمرة . هذا هو الفضاء الفرنسي في أميركا . وبوجه عام تبعت المنطقتان النهريتان ، منطقة سان لوران والمسيسيبي ومنطقة البحيرات

الكبرى ، خطاً مرسوماً سحب من طرف خليج سان لوران حتى بحر الانتيل : هذا القوس الدائري الضخم الذي كان يقطنه الفرنسيون، امتد حتى أميركا الجنوبية . وبالنسبة الى مجمل السكان الانكليز الاميركان الذين كان عددهم حوالى مليون ونصف المليون ساكن سنة 1763 بدا الـ 65 ألفاً من سكان فرنسا الجديدة متفاوتين جداً من الناحية السكانية. إن الحيّز الفرنسي في أميركا ، كتقسيم إداري تابع لوزارة البحرية كان مرتبطاً بالعالم الاطلسي . وحتى نهاية حرب الـ 7 سنوات ، ظل هذا الفضاء قسماً من فرنسا . ثم انفصل بعد معاهدة اوترخت Utrecht سنة 1713 عن الواجهة الاوقيانية ، خارج كاب ـ بريتون حيث تقع قلعة لويس بورغ ، وكانت فرنسا الجديدة ، أو كندا محاطة بشعوب الابالاش Appalaches وبالمستعمرات الانكليزية الاميركية .وكان هذا الجزء مرتبطاً بفرنسا الام التي كانت في حالة تراجع على الصعيد البحري والاستعماري بالنسبة الى الخصم البريطاني ، منذ مطلع القرن 18 . وكان وادي سان لوران مثقلاً بقسوة الطبيعة ، فزاده المظهر السكاني فقراً ، بسبب النزوح نحو لويزيانا وبسبب إقامة الانكليز والاميركان من الهوغنوت الذين رفض ريشيليو Richelieu ان يستقبلهم في فرنسا الجديدة .

وفي ظل الادارة الفرنسية ، تابعت كندا بعناء عملية تنظيم حياة جماعية ، مختلف تماماً عن تنظيم فرنسا ، وبصورة خاصة عن الجيران من الاميركان الشماليين . وكانت كندا ضمن إطار من التحرك الشامل الذي ارتداه التوسع الاوروبي بفضل الرسائل بين رجال العلم في القرن السابع عشر والثامن عشر ، وبفضل وجود ضباط البحرية ، وبملاحظة احداث التاريخ الطبيعي في أميركا الشمالية بصورة مباشرة ثم باستعداد الكنديين للابحار البعيد المدى ولاستثمار المساحات الواسعة

وبعد نهاية حرب الـ 7 سنوات ، ومعاهدة باريس سنة 1763 غير انتقال الامبراطورية ، أو نقل السلطة من فرنسا الى بريطانيا مسار الجماعة الكندية الناطقة بالفرنسية ، مع الأخذ في الاعتبار عوامل الاستمرار والعوائق الكامنة في الحيّز الأميركي الشمالي.

الاستعمار الانكليزي ـ كان الانكليز مأخوذين في القرن 16 ، مثل كل الشعوب الاوروبية بحمى الذهب ، فحاولوا الوصول الى الهند التي لم يصل اليها كريستوف كولومبس . وعرف الايطالي جيوفاني Giovanni والايطالي سباستيانو كابوتو Sebastiano Cabotto بتمويل من تجار لندن، دون أن يعثرا على الممر، شواطىء اللبرادور وجزيرة الارض الجديدة واستبعد الانكليز وكذلك الفرنسيون من أميركا الجنوبية ومن أميركا الوسطى من قبل الاسبان ، الذين لم يستطيعوا رغم ذلك منع حملة دراك Drake وهوكن Hawkins، من القيام بعملها رغم أنها تشكل خطراً دائماً على بلاد الهند .

وفي القرن السابع عشر اخذت قوة اسبانيا تتراجع ، أما بريطانيا فبالعكس كانت في أوج قوتها البحرية ، فلم يمكن استبعادها عن الاراضي غير المحتلة في أميركا الشمالية . وقد سبق لولتر رالي Walter Raleigh سنة 1585 ان حاول بدون نجاح أن يؤسس مستعمرة في فيرجينيا وأقيمت أول مستعمرة أنكليزية سنة 1607 في خليج شيزابيك .

وبعد ذلك عرفت أنكلترا نزوحاً نحو أميركا باعداد تتزايد باستمرار ، وكان النازحون مطرودين بفعل الاضطهاد الديني والسياسي ، ثم بالازمات الاقتصادية أو مدفوعين بحب المقامرة والطمع بالربح . وساهمت الحكومة بالاستعمار أيضاً ، وذلك عندما استبعدت نحو أميركا المحكومين تجاه الحق العام بعد نهاية تنفيذ أحكامهم . وتولت شركات تجارية أو جمعيات ملاكين يمتلكون اراضي وهبها الملك ، تولوا تجميع المستعمرين في انكلترا وفي المانيا وفي البلدان البروتستنتية .

كان هؤلاء المهاجرون يجدون أمامهم ـ عندما ينزلون في أميركا الشمالية مناطق من غابات واسعة ، مأهولة من قبائل هندية بدائية تعيش بشكل خاص على الصيد . وبحلولهم على الشاطىء ، كانوا يشكلون بؤراً معزولة بعضها عن بعض تتفرع بدورها لتشكل مستعمرات أخرى . وكان عدد هذه المستعمرات ثلاث عشرة في القرن 18 ، مختلفة جداً بعضها عن بعض . مستعمرات الشمال ، أو انكلترا الجديدة ، حيث تسود الروح التقوية « للاباء الحجاج للماي فلور » ، حيث يعيش المتوطنون على الزراعة وفقاً للاسلوب الاوروبي ، ومن التجارة أو الصناعة ؛ ومستعمرات أو مستوطنات الوسط ذات الجماهير المختلطة ، حيث الانكليز ، كأقلية ، يعيشون بشكل خاص من التجارة ؛ ومستعمرات الجنوب حيث تسود الارستقراطية ، ارستقراطية كبار مزارعي التبغ أو الأرز ، حيث عدد العبيد السود ما ينفك يتزايد .

في بادىء الامر ، كان لهذه المستوطنات أنظمة مختلفة ، ولكن في آخر القرن 17 ، توصل القوم الى نوع من التوحيد : فكان حاكم يمثل الملك ، ومجلس خاص يعينه الملك ، وجمعية منتخبة من قبل السكان الذين كانوا يصوتون على الموازنة ويصادقون على قرارات المجلس الخاص .

واستطاع المستوطنون الانكليز ، بعد صراعات دامية غالباً ، ان يطردوا نحو الداخل ، او يبيدوا القبائل الهندية المفككة ، ولكنهم وجدوا أوروبيين آخرين في مواجهتهم . وكان الهولنديون قد توطنوا في امستردام الجديدة ، فقضي عليهم سنة 1667 ، ولكن الفرنسيين بالعكس وسعوا مجالهم ، ثم من البحيرات الكبرى حتى الميسسيبي ، قطعوا أمامهم الطريق نحو الغرب . ووقعت المعركة الحاسمة سنة من 1754 الى سنة 1763 وانتهت بانتصار الانكليز .

وطيلة قرن بقي الخطر الفرنسي إحدى ذرائع العرش البريطاني الكبرى لكي يحتفظ بالمستعمرات تحت تبعيته . وأدى زوال الخطر الفرنسي الى عدم جدوى حماية أنكلترا ، ثم أن المستوطنين شعروا أنهم أقوياء بما يكفي لكي يعيشوا لوحدهم . ولم تكن أسباب النقمة ضد الوطن الام غير موجودة ، ولم تنفك تزداد خطورة ، بسبب السياسة التسلطية التي انتهجها جورج الثالث . وزادت أسباب عدة النقمة ، وأدت الى قطيعة 1775 والى اعلان الاستقلال سنة 1776 في 4تموز .

وعندما قامت المستعمرات القديمة التي أصبحت بمساعدة فرنسا الولايات المتحدة الاميركية ، فأجبرت انكلترا على الاعتراف لها بالاستقلال سنة 1782 ، لم تطرد هذه من أميركا الشمالية . فقد بقيت لها كندا ، وبقيت ـ كفرنسا ـ في جزر الانتيل (بارباد ، جاميكا) حيث نمت نفس الحضارة الاستعمارية كما في الانتيل الفرنسية .

II ـ أميركا الأسبانية

طيلة القرنين التاليين على الاستيلاء ، لم يكن للامبراطورية الضخمة ، امبراطورية الهند الغربية ، علاقات فعلية إلا مع اسبانيا . فقد ادى الفتح الى خراب الحضارات السابقة على كولومب ، والى قيام ثقافة اسبانية وكاثوليكية نمت فيها . وبقيت هذه الثقافة بعد أن جلبها ، ونشرها وراقبها عن كثب الكهنة ورجال الدين من كل لون : فرانسيسكان ، ودومينيكان ، ويسوعيون ، ولكنها بقيت تقريباً محصورة بالسكان البيض ، الخلطاء والاسبان ، رغم أن الهنود لم يستبعدوا بصورة منهجية ، وان العديد من الكليات فتحت خاصة من اجلهم ، وأهمها كلية تلال ـ تلولكو ، قرب مكسيكو .

في القسم من هذا المؤلّف المخصص لعصر النهضة ، أشرنا عدة مرات ، الى المساهمات التي قدمها اكتشاف أميركا للعلم الاوروبي . إن طبيعة أميركا ومنتوجاتها ، وآداب الهنود وتقنيتهم ، سوف تعرف في أوروبا ، من خلال روايات الفاتحين والمؤرخين الخاصين . ومن بين هؤلاء يذكر غونزالو فرنانديز اوفيدو Gonzalo Fernandez de Oviedo ، واليسوعي جوزف دي آكوستا Joseph de Acosto ، وبرناردينو ساهاغون Bernardino de Sahagun والإنكا غارسيلاسو دي لا فاغا Garcilaso de la Vega وانطونيو فازكيز دي اسبينوزا Antonio Vazquez de Espinosa

شروط الحياة الفكرية ـ لم تكن بلاد الهند الغربية يوماً مركز ابداع فكري ، بل نشأت فيها مراكز ثقافة ناشطة جداً عند الفتح . وفي اوج الازدهار ، لحظة الفتح ، انشأت اسبانيا فيها باكراً الجامعات (كان هناك حوالى 20 جامعة في مطلع القرن 19) ، تتنافس معها كليات دينية عديدة وأهم مراكز النشاط العلمي كانت مكسيكو Mexico وليما Lima، وهما مركزا إقامة نواب الملك الاولين . وفي القرن 17 و18 ، قامت جامعات اخرى في سنتو دومنغو وفي شاركاس Charcas(سكره اليوم) ، وسنتا في مدينة بوغوتا ، الخ . وعرفت هذه المراكز حياة فكرية ناشطة ولكن هذه الحياة اتجهت نحو المجالات الفلسفية والادبية .

وكانت الكتب في بادىء الامر معفاة من كل الضرائب دخولاً وخروجاً ، فكانت تستورد بأعداد كبيرة الى امبراطورية الهند الغربية . وكانت هذه الكتب خاضعة لمحكمة التفتيش الديني . ولكن هذه اظهرت من الناحية العملية ليبيرالية خاصة في مجال غير المجال الديني الخالص.

وكانت مكسيكو عاصمة اسبانيا الجديدة . فبلغت في القرن 16 مستوى فكرياً رائعاً . وأنشئت، فيها أول مطبعة في العالم الجديد سنة 1535 (ونشر أول كتاب سنة 1539) . وقبل سنة 1579قامت فيها ثلاث مطابع . أما الصحف فلم تظهر بصورة دورية فيها إلا سنة 1722 .

وكانت جامعة مكسيكو «ريال وبونتيفيسيا اونيفرسيتي دي مكسيكو» قد عيّدت سنة 1951 عيدها المئوي الرابع منذ انشائها . ولكن المحاضرات لم تبدأ فيها إلا سنة 1553 ؛ الحياة الفكرية فيها كانت أقل نشاطاً من الحياة في كليات سان فرنسيسكو وسان ديفونسو . وأسس أول كرسي للطب سنة 1578 ، وتلته ثلاثة منابر قبل 1666 أما كرسي الرياضيات فقد انشىء سنة 1646 .

أما جامعة سان ماركودي ليما فقد أُنشئت سنة 1551 وتمتعت بمداخيل ضخمة أتاحت لها أن تغذي 32 كرسياً منها كرسي للطب انشيء سنة 1638 . وأسست المطبعة في ليما سنة 1584 . وصدرت أول صحيفة دورية بعد سنة 1594 .

وفي القرن 18 وفي ظل حكم شارل الثالث قامت في أميركا الاسبانية نهضة فكرية جديدة حقة : فانشئت مدرسة للمناجم في مكسيكو ومعهد لعلم النبات في ليما ، ومرصد في سنتافي من مدينة بوغوتا . وتم تأسيس جمعيات ومجلات علمية : منها سميناريو دي نوفا غرانادا . مركوريو بيروانو (1791) تليغرافو مركنتيل (بونس ايرس ، 1801 ، الخ) .

الرياضيات ـ كانت غالبية الكتب الحسابية التي نشرت في أميركا الاسبانية قبل بداية القرن 19 ، تهتم بشكل خاص بالمسائل العملية الخاصة بهذه المستعمرات : أي بالعمليات التجارية الناتجة عن استثمار المناجم ، وحسابات القيم العائدة للذهب والفضة ، وحساب الكمية المتوجبة لملك اسبانيا .

وكان أول هذه المؤلفات هو : « سوماريو . . . كنتاس » (مكسيكو 1556) وكان مؤلفه جان دياز Juan Diez درس فيه مسائل تحويل العملة ، وحدد قواعد المعاملات التجارية ، كما عالج ايضاً عدة مسائل نظرية حول الاعداد والجبر . وكان المستوى شبيهاً بالمستوى الذي كان يُدَرس في مدارس أوروبا يومئذٍ . ونشير الى كتابين مماثلين : « ليبرو . . . بلدتا اورو » (ليما 1597) لمؤلفه جون بلفدير Jean de Belveder وكتاب «ليبرو بلا تاروديزيدا » (ليما 1607) للمؤلف غارغيا Garguilla . وكان أول كتاب حسابي حقاً نشر في مكسيكو : ارت بارا . . . » مكسيكو (1623) ، وكان مأخوذاً عن الكتب الاسبانية السابقة . ثم الحق سنة 1649 بكتاب : « ارت ارغمتيكا » لريتون A.Reaton . وكان المطول في الحساب العملي لمؤلفه ج . ج . باديا JJ.Padilla ، الذي نشر سنة 1732 في غواتيمالا أكثر كمالاً واحتوّى بشكل خاص على دراسة الكسور العشرية . واستمر انتاج هذه الكتب حتى الاستقلال ، لسد حاجات الاستثمار المنجمي ، ثم فيما بعد لسد حاجات المدارس العسكرية .

واسند كرسي الرياضيات في جامعة مكسيكو التي أسست سنة 1646 الى فرنسوا ديغو رودريك Fr. Diego Rodriguez الذي تراسل مع العديد من العلماء الاوروبيين . ونشر رسالة حول مذنب 1652 . وكان اشهر استاذ لهذا الكرسي هو دون كارلوس سيغنزا غونغور الذي كان مطلعاً تماماً على أعمال العلماء الاوروبيين المعاصرين . واليه يعود الفضل في دراسة حول مذنب 1680 ، واثناء مناقشة مع يسوعي نمساوي زائر في مكسيكو ، أثبت أن المذنبات ليس لها أي تأثير على الاحداث ، وهذه وجهة نظر تشرف التعليم العلمي في العالم الجديد . وفي آخر القرن 18 تفوقت الدراسة في مدرسة المناجم على دراسة الرياضيات في الجامعة ، اذ تضمنت الاولى مفاهيم الحساب اللامتناهي . وفي مجال الجيومتريا كان الانتاج فقيراً ، وقلما يمكن ذكر إلا دراسة واحدة حول تضعيف المكعب ، نشرت سنة 1696 من قبل استاذ في جامعة ليما .

علم التعـدين والكيميـاء ـ من المعلوم أن الاستثمـار المنجمي لعب دوراً كبيـراً في نمـو العـالم الجديد . فالمناجم التي كانت معروفة من قبل الهنود الحمر سرعان ما استنفذت ، وفتش الاسبان عن مناجم أخرى واكتشفوها وكانت أكثر أهمية . وكان المنجم الشهير ، منجم الفضة في بوتومي Potosi الذي عثر عليه صدفة في بيرو العليا (بوليفيا الحالية) سنة 1545 ، ومناجم زاكاتيكا ومناجم سنتا بربارا . . . في المكسيك ، هي في أساس الثروة التي حولت اقتصاد أوروبا في القرن 16 والقرن 17 .

واستعمل الاسبان في بادىء الامر وسائل الاستخراج التي كان يستعملها الهنود الذين توصلوا الى درجة عالية من التقنية المتقـدمة . وكـانت العملية تـرتكز عـلى قابليـة الفضة للذوبـان في الرصـاص الذائب ، ثم استخراج هذا المعدن الاخـير بصورة تـدريجية عن طـريق الاكسدة في الهـواء . وكانت العملية تتم في أفران صغيرة مثقبة بثقوب ومسخنة على فحم الحطب .

أما الاسلوب الجديد وهو اسلوب المزج (املغام) فقد ادخل الى المكسيك سنة 1556 من قبل برتولوميو دي مدينا Bartolomeo de Medina ، الذي تعلم هذه التقنية في اسبانيا على يـد الماني . ويقوم الاسلوب على مزج تربـة الفضة المـطحونـة والمرطبـة « بالملح » (وهـو حصيلة تحميص بيريت النحاس) والزئبق . ويحصـل من جراء ذلـك مزيـج من الفضة يتم فصله بـواسطة التسخـين . وقد أتاحت هذه الطريقة استعمال ترابة الفضة ذات المعدل المنخفض مع توفير في استهلاك المحروقات .. وطبقت هذه الطريقة في بادىء الامر في المكسيك ثم اعتمدت من قبل بدرو فرنا فيلاسكو سنة 1572 وعممت حوالى سنة 1580 على مناجم الفضة في بوتوزي التي ازدهرت بعدها ازدهاراً حقاً . وادخلت تحسينات تقنية اخرى بعد ذلك : مثل استعمال المخروط المعدني لالتقاط ابخرة الزئبق وكذلك تحسين الافران . وفي سنة 1591 نشر الاشبيلي جان كردينامس تلميذ قديم في جامعة مكسيكو حيث علم ابتداء من 1607 ، كتاباً شهيراً عنوانه : « بريميرا بارتي بروبليما . . . » الذي تضمن بعض الدراسات حول التعدين ودراسة مفيدة في تفسير تفاعلات التمازج .

وفي سنة 1640 ظهر كتاب مطول ومهم جداً في التعدين عنوانه فن المعادن لالنسو باربا l'Alonso Barba وفيه وصف بطريقة المزج المستكمل بالتسخين . وطبع من هـذا الكتاب عـدة طبعات في اسبانيا وفي المكسيك وفي البيرو وترجم عدة مرات الى الالمانية .

واستمرت التقنية تتحسن في القرن 18 مستفيدة من التقدم الحاصل في أوروبا . ودرس العديد من المدراء في مدرسة المناجم في مكسيكو ، في أوروبا وخاصة في فريبرغ وفي ابسال ، واستجلبوا الى اسبانيا الجديدة معدنين من الساكس . ويجب أن نشير بصورة خاصة الى فوستو هويار Fausto d'Elhuyar مؤسس هذه المدرسة الذي اكتشف مع اخيه جوان جوزي Juan José(الذي لعب دوراً كبيراً ومهماً في تاريخ المعادن في نوفاغرانادا ، والذي اكتشف التنجستين في اسبانيا . وعمل في مكسيكو طيلة 50 سنة تقريباً كيميائي مميز هو اندرزديل ريو Andrésdel Rio ، وهو السباق الى اكتشاف الفناديوم وقد نشر سنة 1795 كتاب : « المنتبو اوريكتوغنوزيا » .

وكان الاهتمام بالكيمياء قد تم بنشر أول ترجمة اسبانية لكتاب لافوازيه Lavoisier « المطولة الأولى في الكيمياء»وذلك لأول مرة في مدينة مكسيكو. يقول همبولد Humboldt«سوف يتعجب المسافر بدون شك ، حين يجد داخل البلد ، على حدود كاليفورنيا ، شباناً مكسيكيين يتناقشون في موضوع تفكيك الماء وفقاً لاسلوب المزج في الهواء الطلق . . . » .

الطب ـ كان هناك كراسٍ للطب موجودة في مكسيكو منذ 1578 وفي ليما منذ 1638 .

وظل الطب في أميركا كما في أوروبا ، في القرن 16 ، طباً تقليدياً خالصاً ، كما يدل على ذلك الكتاب الاول في الطب الذي نشر في مكسيكو بعنوان « أوبرا مديسينا » (1570) للطبيب ف . برافو F.Bravo الآتي من اسبانيا . إلا أن العديد من المؤلفات استلهم بخجل في مجال التطبيب ، المعارف الوطنية المتعلقة بالقدرات الشفائية لدى بعض النباتات . من ذلك الطبعة الثانية (مكسيكو 1592) من كتاب « تراكتادو بريفي . . . » لاوغستين فارفان Agustin Farfan ، طبيب سابق لدى فيليب الثاني ، وينصح فيه بعدة ادوية مستوحات من الطبابة الهندية . ويتميز كتاب « ميليشيا . . . هنديا » (مدريد 1600) للجندي فرغاس ماشوكا Vargas Machuca (1557-1622) بأهميته وإهتمامه بالممارسة الطبية . وهذا الكتاب الذي سمي « مرشد الفاتحين » يعالج كل المسائل التي تعترض الفاتح الاسباني ، ويعالج بصورة خاصة المعارف الطبية والعلاجات الضرورية في المعركة . وهذا الطب التجريبي يستعين بالتشخيص السريع وبالعلاجات البسيطة والسريعة وبعضها من أصل هندي .

إلا أن الطب الرسمي ظل أميناً للافكار التقليدية ، ومتجاهلاً ، في القرن 17 والقرن 18 القسم من التجديدات التي دخلت على الطب الاوروبي ، كما نرى ذلك في أول كتاب طبي نشر من قبل مؤلف ولد في أميركا وهو كتاب ماركوس جوزي سلغادو Marcos José Solgado (مكسيكو 1727) . ونذكر ايضاً أنه في أواخر القرن 18 كان اجراء الحقن قد انتشر بشكل واسع في اسبانيا الجديدة وإن التلقيح دخل اليها في سنة 1804 .

علم النبات ـ لعبت أميركا الاسبانية دوراً كبيراً في تطوير المعارف النباتية ، وخاصة كحقل تجارب بالنسبة الى العلماء الاوروبيين . وكانت نباتات أميركا ، وخاصة طيلة حقبتين موضوع إهتمام ودراسة . في القرن 16 ، أولاً ، ومباشرة بعد الفتح . ثم في القرن 18 لاحقاً ، بعد العديد من الحملات العلمية الآتية من أوروبا والتي اشترك فيها غالباً نباتيون أميركيون .

من المعلوم أن أميركا الاسبانية قد اغنت أوروبا بالعديد من النباتات التي قلب بعضها الحياة الاقتصادية بالعالم . ونحن نكتفي بذكر الامثلة الأكثر بروزاً . فكنباتات مستخدمة لغايات طبية هناك الكينا ـ الذي استخرجت منه فيما بعد مادة الكينين ـ ثم الكوكا، ثم المتي ، ثم عطر البيرو ، ثم الفشاغ والتبغ الخ . أما النباتات الغذائية فمنها الذرة ثم المنيهوت والفستق والبندورة والكاكاو وبصورة خاصة البطاطا . أما النباتات الصناعية فهناك المطاط وشجرة البقّم .

وكان سكان البلاد الاصليون يعرفون استعمال أغلب هذه النباتات . وكان الآزتك يعتنون

بجنائن علمية نباتية حقة تحتوي على أغراس نادرة .

ولاحظ الفاتحون الاول غنى النباتات الاميركية ، وحاولوا أن يستولوا على تراث المعارف الهندية . ومنذ الفتح ، سرت معلومات كانت في الغالب كيفية حول موضوع القيمة الطبية للعديد من النباتات ، وخاصة حول القوة المضادة للسفلس في الخشب المقدس « الغاياك » .

واستطاع برناردينو ساهاغون Bernardino de Sahagun (1499-1590) الحصول على معلومات ثمينة من الهنود الحمر ، ومن البستان الطبي موكتيزوا في واكستبك . ولكن كتابه « هستوريا دي لا كوزا دو نوفا اسبانيا» ظل بدون طباعة حتى سنة 1829 . وتعلق نقولا مونارد (1507-1588) Nicolas Monardes الذي كان يتاجر مع الهنود ، بدراسة النباتات في العالم الجديد . ونجح في تدجين بعضها في بستان له في اشبيلية ، ونشر من سنة 1565 الى سنة 1574 ، كتاباً « هستوريا مديسنال » نال نجاحاً باهراً وترجم الى عدة لغات .

في سنة 1570 ، قام « مجلس الهند » في أميركا باستقصاء يتضمن حوالى خمسين من الاسئلة أغلبها يبحث في التاريخ الطبيعي ، والنباتات والادوية المستعملة من قبل سكان البلاد الاصليين . وبعد ذلك بقليل ، وبناء على تعليمات من فيليب الثاني ، قام طبيبه فرانسيسكو هرننذز برحلة في اسبانيا الجديدة ، من سنة 1571 الى 1577 ، فجمع العديد من المعلومات لدى الآزتك وعاد الى اسبانيا ، وبحوزته 16 مجلداً من الرسوم والنصوص المتعلقة بالتاريخ الطبيعي للبلدان المزارة . وبقيت نسخة في مكسيكو ، وقد لخصت تلخيصاً سيئاً من قبل فرنسيسكو غزيمنز في « كاترو ليبرو . . . » (مكسيكو 1615) . ورجع ن . آ . ريشي N.A.Recchi طبيب فيليب الثاني الى أعمال هرننذز ونشر منها ملخصاً باللاتينية عند عودته الى ايطاليا (روما 1628) . وعمل العديد من أعضاء « اكاديميا دي لنسي » في طبعة ثانية لهذا المقتطف الذي أغنوه بالعديد من الملاحق .

ولم يصدر هذا « الروورم مديكارم نوفا هسبانيا تزووروس » إلا في سنة 1651 . إلا أن المواد التي جمعها هرننذز أودعت في مكتبة اسكوريال ، احترقت سنة 1671 مع حريق المكتبة .

واحتوى مطول كردناس Cardenas المذكور ، ايضاً بعض المعلومات حول النباتات وورد فيه ذكر للذرة والتبغ والكوكا وبعض النباتات المنومة . وقدم مخطوطاً كتب سنة 1552 تقريباً باللغة المحلية من قبل الطبيب الهندي مارتن دي لاكروز ، وترجم الى اللاتينية من قبل احد زملائه الهنود في كلية تلال تليلولكو ، جوان باديانو Juan Badiano ،معلومات مفيدة. واكتشف ثانية سنة 1929 في مكتبة الفاتيكان ، ونشر سنة 1940 ، ونشر اليسوعي الاسباني جوزي دي اكوستا José de Acosta (1539-1600) بعد اقامة طويلة في أميركا الاسبانية ، وخاصة في البيرو والمكسيك ، كتابا اسمه « هستوريا . . . » (اشبيلية 1590) وفيه يشير في الفصل المتعلق بالتاريخ الطبيعي الى عدة نباتات أميركية : الذرة ، البطاطا ، الاناناس ، الموز ، الكاكاو ، الآغاف والكوكا . الخ .

وقد أثارت النباتات الاميركية إهتماماً متجدداً في القرن 18 .

وكانت قيمة بعض النباتات معروفة تماماً في أوروبا ، مثل قيمة قشر الكينا الذي كان يشفي من الحمى الثالثة والرابعة والتي انتقل استعماله من البيرو الى اسبانيا ، ثم الى مختلف بلدان أوروبا . وكان المراد أيضاً درس وجمع نباتات بذات الأهمية ، مع ارضاء فضول علماء النبات الذين كان العالم الجديد يقدم لهم حقلاً واسعاً من التجارب .

وكانت أميركا الجنوبية مسرحاً للعديد من البعثات العلمية . واستكشفت شواطىء البيرو والشيلي من قبل الفرنسيين فرنسوا فوييه Francois Feiullée (من 1707الى 1712) وفريزيه Frésier(من 1712الى 1714). وفي سنة 1735، أرسلت أكاديمية العلوم في باريس بعثة بقيادة بوغر Bouguer ، وكوندامين Condamine، بقصد قياس قوس خط الهاجرة قرب خط الاستواء. وظل العالم النباتي في البعثة جوزف دي جوسيو Joseph de Jussieu ، وقد جذبه هذا الحقل الواسع من البحوث ، 35 سنة في أميركا الجنوبية ، وكان يرسل لاخوته العديد من المذكرات ، ولوائح بالنباتات والبذور . ووجه كوندامين الى اكاديمية العلوم ، سنة 1738 ، أول وصف لشجرة سماها كنكينا . وبعد نهاية العمليات الجيوديزية ، نزل الامازون وذهب الى غويانا . وبعد عودته ، قدم أمام الاكاديمية ، سنة 1751 ، مذكرة « حول صمغ مطاطي مكتشف جديداً في كايان . . . » صمغ سماه كاهوشو . وأضاف ملك اسبانيا الى البعثة الفرنسية ضابطين شابين اسبانيين جورج جوان وانطونيو أولوا . ونشر هذا الأخير سنة 1748 «تقريراً تاريخياً . . عن أميركا الجنوبية».

وبنفس الحقبة تقريباً ، استكشف اليسوعي الشيلي ج . ي . مولينا J.I. Moli-na (1738-1829) الثروات الطبيعية في الشيلي . وابعد سنة 1768 ، فنشر سنة 1782 ، في بولونية ، نتائج بحوثه ، وخاصة كتاباً عن نبتات الشيلي . ونذكر أيضاً مرور البعثات المشهورة ،بعثات بوغنفيل Bougainville وكوك Cook ، على شواطىء أميركا الجنوبية .

واحدث مجيء شارل الثالث تغييراً عميقاً في السياسة الاستعمارية الاسبانية . ومن اجل وضع جردة بالموارد النباتية في أميركا الاسبانية ، تقرر ارسال عدة بعثات علمية نباتية الى البيرو والشيلي والى غرناطة الجديدة وأخيراً الى المكسيك . .

وتولى قيادة بعثة البيرو والشيلي من سنة 1778 الى سنة 1788 هـ. رويز H.Ruiz وج. بافون J.Pavon اللذان رافقهما في قسم من رحلتهما الفرنسي ج. دومبي J. Dombey الذي عرفت إخفاقاته.

وكانت نتائج هذه البعثة قد نشرت جزئياً في مدريد من سنة 1798 الى سنة 1802 . أما ج . ك موتيس J.C.Mutis فقد أرسل سنة 1760الى غرناطة الجديدة (كولومبيا) فظلّ فيها ، فجمع العديد من العيّنات عن نباتات نفذ لها رسمات رائعة واعطى ليني Linné بعضاً من عيناتها .

أما البعثة الى اسبانيا الجديدة بقيادة م . سيسي M.Sessé فلم تصل الى مكسيكو إلا في سنة 1787 . وكانت اهدافها الاولى إقامة بستان نباتي في مكسيكو وكرسياً إضافياً (1788) ثم اصدار طبعة

كاملة عن أعمال هرنندز (ثلاثة مجلدات ، مدريد 1790) سنـدا للمستندات العمليـة التي بقيت في المكسيك. وقام جدل حار بهذه المناسبـة بين البعثـة الاسبانيـة وعلماء النبات المـولدين حـول موضـوع ليني والمعـارف النباتيـة عند الازتيـك . وبعدهـا جـاب رئيس البعثـة م سيسي M.Sessé ومسـاعـده المكسيكي ج . م . موسينو J.M.Mocino ، من سنة 1795 الى 1804 ، أكثر من 3000 كلم في أميركا الاسبانية ، مكوناً مجموعة من الاعشاب غنية جداً ، ومجموعة رائعة من الصور الملونة ، نشر قسم منها من قبل عالم النبات السويسري آ . دي كندول A.de Candolle .

وفي ريو دي لابلاتا Rio de la Plata ، تجب الاشارة الى الدور المهم الذي لعبته اللجان التي قدمت سنة 1780 لتدرس الحدود بين الممتلكات الإسبانية والبرتغالية . وقد ساهمت الدراسات التي قام بها اعضاؤها في تحسين معرفة الجغرافيا ، وعلم الخرائط ، وعلم الاعراق (اتنو غرافيا) ، وفي حالـة فليكس دي آزارا Felix de Azara ، كذلك تحسين المعرفة بعلمي الحيوان والنبات في هذه المناطق .

وتجب الاشارة ايضاً الى الـدراسات المجـراة ، في نهاية القـرن ، من قبل ل ني وت . هـانك L.Née et Th.Hoenke ، وهما عالمان طبيعيان ملحقان بالبعثة التي كانت بادارة السندرو مالاسبينا من 1789 الى 1794 . ونشر وصفٌ لقسم من النباتات المجموعة من قبل هنكي Haenké ، في براغ سنة 1825 ، وبصورة خاصة يجب أن نذكر الرحلة الكبـرى التي قام بهـا بين 1799 و 1804 اسكنـدر فون همبولد وايمي بونبلان، هذان الرحالتان اللذان زارا قسماً كبيراً من أميركا الاسبـانية قـطفا فيهـا قطافـاً استثنائياً ، من المعلومات حول الحيوان والنبات ، والجغرافيا والاتنوغرافيا ، جمعت في سلسلة كاملة من الكتب منها « محاولة حول جغرافية النباتات » (1805) ، ثم الكتابان المهمـان « بلانتـا آكينوكسيـال » (باريس 1805-1818) . هذه الانجازات القيمة فتحت عهداً جديداً في اكتشاف واستثمار الثروات الطبيعية في أميركا الجنوبية ، ولكنها لا يمكن أن تنسي أهمية إنجـازات الطُليعيين الذين جلبـوا للعالم معرفة واسعة عن هذه النباتات ، والذين نشروا زراعة العديد من النباتات المفيدة .

III ـ البرازيل البرتغالية

كان النشاط الفكري في البرازيل محدوداً نوعاً مـا خلال الفتـرة الاستعماريـة ، جزئيـاً بسبب اندماجه الوثيق بالبرازيل الام ، ثم بسبب تشتت المراكز المدينية .

كانت السياسة الاستعمارية البرتغالية تهدف الى الغاء كل نشاط فكري في هذه المستعمرة ، فلم تحصل البرازيل على جامعة ولا على مطبعـة . واقتصر التعليم ، أيضاً ، في القـرن 18 ، على التعليم الثانوي المقدم من قبل اليسوعيين ، بالشكل التقليدي الادبي الخالص .

وأشار بعض المسافرين الفرنسيين ، منذ القرن 16 ، الى البرازيل والى السكان الاصليين توبي ـ غاراني : من هؤلاء المسافرين تيفت Thévet الذي سافر مرتين الى البرازيل سنة 1550و1554 ، ثم ليري Léri ، مرافق فيلغينيون الى جزيرة الفرنسيين .

ونشر البرتغالي ـ ج س . دياس دي سوزا G.S.de Souza الذي أقام في باهيا ، بين 1568 و1590 ، وانشأ فيها مطحنة لقصب اسكر ، قبل أن يستكشف ترابة المعادن والاحجار الكريمة ، داخل البلاد ـ « تراتادو . . . برازيل » ، وتضمن هذا الكتاب معلومات مهمة حول حيوانات ونباتات البرازيل . نذكر أيضاً « اكتشاف الكورار ، سنة 1563 ، من قبل ب . م . دانجيرا الذي رافق الجيوش البرتغالية الى باهيا . وفي القرن 17 ، نمت حركة علمية مشرقة نوعاً ما ، في البرازيل الهولندية في رسيف ، حول موريس دي ناسو Maurice de Nassau ، من 1637 الى 1644 . وانشأ هذا الاخير مرصداً ، وبستاناً نباتياً وحيوانياً واستقدم معه العديد من العلماء الذين نشرت مؤلفاتهم عند عودتهم الى البلدان المنخفضة . نذكر منهم طبيباً من امستردام ، بيزو Piso الذي درس النباتات الطبية وسم الكوبرا ، وخاصة شريكه الالماني ج . ماركغراف G.Maregrav الذي وضع « التاريخ الطبيعي للبرازيل » (امستردام 1648) . وهو كتاب مهم جداً لمعرفة النباتات والحيوانات في البرازيل . والذي قام بملاحظات مهمة طوبوغرافية ، وارصادية جوية وفلكية ـ وقد رصد بشكل خاص كسوف 1640 والمؤلف المذكور من قبل ماركغراف ، يعزو الى نقص غذائي في حالات العمى الليلي الملحوظ وجوده لدى عبيد في المنطقة التي أقام فيها ناسو Nassau مستوطنته . وفي سنة 1643 ، نفذ الهولندي اكهوت Eeckhout سلسلة من الرسوم الملونة حول توبي ـ كاراني . وعدا عن هذا المركز الثقافي العلمي الذي زال بزوال الهولنديين ، لا تمكن الاشارة إلا قليلاً الى عدد من الدراسات حول النباتات وحول المناظر الاستوائية ، قام بها علماء اجانب متنوعون : وليم دامبيه William Dampier 1704 ، ل ـ آ بوغنفيل L.A.de Bougainville الذي توقف في ريو دي جانيرو سنة 1765 ، وفيليب كومرسون Ph.Com-merson الذي قدم لبستان الملك مجموعة جميلة من نباتات البرازيل ، وسير جوزف بانكس الذي أقام فيها سنة 1768 .

ويتوجب أخيراً ذكر أن برتولومو لورنسو Bartholomeu Lourenço الملقب غوسماو (1724-1685 Gusmao) الذي كان احد الطليعيين في الصعود الى الفضاء بالمنطاد ، كان برازيلياً ، ولد في سانتوس ، ثم جاء الى البرتغال صغيراً ، فدخل في جمعية يسوع . وجعلته تجاربه التي اجراها في لشبونة سنة 1709 يعتبر احياناً وكأنه السابق المباشر للاخوين مونغولفييه ، والواقع أن تجاربه اقتصرت على الارتفاع عدة أمتار ، بواسطة بالون صغير منفوخ بالهواء الحار . أما نسبة رسمة « باسارولا » الى غوسماو ، وهي مشروع كيفي لآلة طائرة استثارت الفضول في مطلع القرن ، فهي مضللة . كان غوسماو اكاديمياً ، وجابي صدقات ملكي ، وقد لوحق من قبل محكمة التفتيش في أيلول 1724 وهرب الى طليطلة حيث مات بعد شهرين .

وكان لا بد من انتظار نهاية القرن 18 ، حتى تظهر في البرازيل نهضة علمية جديدة ، تبعت عصرنة العلوم في البرتغال ، وتبعت نهضة جامعة كومبر بتأثير الماركيز بومبال Pombal ، واحب كثير من البرازيليين الذين درسوا في كومبر مذاق العلوم . في حين تأسست في ريو دي جنيرو اكاديمية علمية وجمعية أدبية ، كما حدد الجغرافي لارسيدا الميدا Larcedae Almeida مستحدثات العديد من

مدن البرازيل ووضع خارطات لعدة مناطق . وقام العالم النباتي اسكندر رودريغ فريرا الملقب همبولد البرازيل باستكشافات علمية في الامزونيا وكتب العديد من الدراسات في علم النبات وعلم الحيوان . ونقلت مخطوطاته من لشبونة الى باريس ، بعد ان احتل الفرنسيون البرتغال سنة 1808 . واستفاد من هذه المخطوطات جوفروا سانت هيلر Geoffroy Saint-Hilaire .

أما العالم بالمعادن جوزي بوري فاشيو José Borifacio فدرس مناجم البرازيل قبل أن يصبح صاحب كرسي في علم التعدين في جامعة كومبر .

ولكن البرازيل كانت ما تزال محكومة بقسوة من قبل لشبونا . ولهذا منعت الحكومة البرتغالية همبولد من دخول البرازيل سنة 1800 . وادى الاحتلال الفرنسي للبرتغال الى أجبار الامير الوصي على العرش ، الملك جان السادس مستقبلاً الى اللجوء الى البرازيل ، مما حول الحياة في المستعمرة . وفتحت البرازيل أمام التجارة الخارجية ، وتأثرت بالعالم الخارجي . وتأسست فيها المؤسسات العلمية والثقافية العديدة : مثل المطبعة الملكية ، البستان النباتي ، المتحف الملكي ، الكلية الطبية الجراحية ، الاكاديمية العسكرية الخ . كما شجعت الدراسات العلمية والتقنية ـ نذكر مثلاً الترجمة البرتغالية لكتاب لاكروا : « متممات الجبر » (ريو دي جنيرو 1813) . وبنفس الحقبة نشر ف . ميلوفرنكو F.de Mello Franco 3 مطولات مهمة جداً حول الحميات التي تجتاح ريو دي جنيرو وحول علم الصحة وحول فن رعاية النسل .

ودخلت البرازيل بعد هذا في حلقة العلم العالمي . ولكنها عندما اصبحت دولة مستقلة كان عليها أن تعمل الكثير لسد النقص المتراكم عبر ثلاثة قرون

IV ـ أميركا الفرنسية

في القرن 17 و18 ، شكلت وزارة البحرية ، المسؤولة عن فرنسا الجديدة ، مركزاً للتوسع الاستعماري والاقتصادي والعلمي . وكان هذا المركز يتمحور حول برنامج معقد : الابحار البحري أو المحيطي ، العناية بالمدن الثغورية والعناية بالشبكة الهيدروغرافية ، رعاية الحيِّز الفرنسي في أميركا .

ومع الاخذ بالاعتبار مجمل العلاقات بين أوروبا وأميركا ، يضع تحليل ترابط مختلف مكونات الثقافة الفرنسية في تلك الحقبة تحت الضوء أهمية وزارة البحرية بالنسبة الى المستعمرات . وبالفعل كانت هذه الوزارة عامل حضارة . فقد ساهمت في حركة الهجرة نحو أميركا ؛ وشجعت البحث العلمي والتبادل الثقافي والاقتصادي في عالم الاطلسي . ونشأت المستعمرات من الحاجة الى المنتوجات التي تطلبها الدول الام . وانطلقت هذه المستعمرات على أساس توسع التجارة الاطلسية .

واحدث ارتفاع الطاقة العلمية ردة فعل تسلسلية أصابت كل مناحي الحضارة . وادى هذا الصعود الى استحداث مواقف فكرية جديدة والى تذوق الدقة .

وتم استلحاق الجهاز البشري اللازم للبحوث في مجالات الهيدروغرافيا وعلم الفلك الابحاري وعلم الخرائط عن طريق وزارة البحرية حيث كان يتدرب الحكام والولاة الـذين كان الملك يسميهم لفرنسا الجديدة .

وكان الأمناء العامون التابعون للبحرية أمثال جان باتيست كولبر Jean-Baptiste Colbert ، ولويس فليبو Louis de Phélypeaux ، كونت بونتشار تران ، وجان فردريك فليبو Jean Frédéric Pélypeaux ، كونت موررباس Maurepas ، وبونشارتران Pontchartrain ، وانطوان لويس رويا Antoine Louis Rouillé كونت جوي وكلهم من المتحمسين المتنورين للعلم الفرنسي ، فأعطوا لممثلي الملك في كندا تعليمات تتعلق برصد ومراقبة الأحداث الـداخلة في التاريخ الطبيعي . وقبل لافرازيه أسس ولاة فرنسا الجديدة ، مزارع حقيقة تجريبية ، منها مزارع جان تالون Jean Talon وجيل هوكار Gilles Hocquart . ويعتبر الاستقصاء الديموغرافي للوالي تالون من أوائل الأعمال الحديثة في هذا المجال . وبتأثير وتشجيع من تالون Talon ، اطلع س. ف. دومون سانلوسون S.F. Daumont de Saint Lusson ول. جولي L. Jolliet استاذ علم الخرائط المائية في كلية كبيك ، وب. ماركيت P. Marquette ، وب. د. سان سيمون P.D. Saint-Simon ، وب. البانيل P.Albanel ، كلهم عرفوا الواقع الجغرافي للقارة الاميركية الشمالية .

وبرزت في تقاريرهم الى الاكاديمية الملكية للعلوم هذه الوقائع فصورت أمام وزارة البحرية وأمام بستان الملك ، وضمت الى أميركا الفرنسية مركز بحوث دولة حديثة . ودعماً لهذا الموضوع ذي الطبيعة العامة ، يجب أن نذكر ، مع اشياء اخرى الانجاز العلمي الـذي حققه هـ . ل . دوهامل مونسو H.L. Duhamel du Monceau بصفته مفتشاً للبحرية، وانعكاس هذا الانجاز على كندا . كما تجب الاشارة الى الحملات الجغرافية بقيادة روبر كافليه دي لاسال ولويس هانيبي ، وغولتيه دي لافيرندري . والخرائط الهيدروغرافية الملكية لكندا التي وضعها ج . ب . ل . فرانكلين J.B.L. Franquelin ، وكذلك المراسلات المتبادلة بين الباحثين في فرنسا الجديدة والباحثين في أوروبا وخاصة تورنفور وريومور وجوسيو وبوغر Tournefort , Réaumur, Jussieu, Bouger وبوفون Buffon والسويدي ب. كالم P. Kalm تلميذ ليني .

وسندا لماري فيكتورين Marie Victorin مؤلف كتاب النباتات اللورنتية قد يكون الوصف الدقيق لكثيب بريون Brionفي جزائر الماديلين من قبل جاك كارتيه Jacques Cartier، وقد حرر في القرن الـ 20 . وتضمنت روايات رحلات شمبلين وليسكاربو وساغار ، ورسائل المبشرين ، المعروفة تحت اسم « رسائل اليسوعيين » ، معلومات ثمينة تتعلق بنباتات شمال أميركا ، وساهم بستان الملك في حركة نشر المعارف العلمية المجموعة في أميركا : وشجع ج .ك.. فاغون G.C.Fagon زراعة النباتات الاستعمارية كما شجع الاستقصاءات التي قام بها ب . بلوميه P.Plumier في جزر الانتيل واستقصاءات ب . فوييه في أميركا الجنوبية . أما السراسيني وهي تحفة السافانا الكندية ، بحسب تعبير ماري فيكتورين ، فمدينة بأسمها الى ميشال سارازين Michel Sarrazin ، مراسل

تورنفور Tournefort وريومور Réaumur . أما النباتات التي دونها سارازين Sarrazin وج.ف. غولتيه J.F.Gaulthier فقد حللها ج. روسو J. Rousseau .

وفي النصف الاول من القرن 18 ساهمت لويزيانا ايضاً في ادخال نباتات أميركية الى فرنسا والرسائل التي أرسلها جان برات Jean Prat من أورليان الجديدة الى برنار جوسيو في بستان الملك ، ما تزال محفوظة في المتحف الوطني للتاريخ الطبيعي .

إن هذه الرسائل فضلاً عن أنها تصف الظروف الاقتصادية الاجتماعية في لويزيانا بخلال السنوات 1735-1746 فهي تكشف عن العلاقات التي كانت قائمة بين هذه المستعمرة والوزير موروباس Maurepas . وعلم النبات الذي يشكل الموضوع المسيطر في هذه الرسائل بين برات وجوسيو، كان يحبذ التبادل بين فرنسا الجديدة وعلماء الوطن الفرنسي الام . لقد حلل ب . جوسيو وب . بوغر كتاب دوهامل دي مونسو حول الاشجار والشجيرات ؛ وتضمن هذا الكتاب إشارات عدة الى نباتات أميركا . وبفضل البحرية ، يَسَّرَ العمل الفرنسي الكندي ، مؤالفة الاشجار من أصل مناطق سان لوران ، والجزيرة الملكية المسماة اليوم جزيرة كاب بريتون ، ولويزيانا ، في بستان الملك .

بالإضافة الى خارطة فيليب بواش Philippe Buache ارتكز الوصف المعدني لكندا ، من قبل ج . ي . غيتار على بحوث رولان ميشال باران دي لاغاليسونيار حاكم فرنسا الجديدة وبحوث جان فرنسوا غولتيه طبيب الملك وعالم نباتي . وفي كتاب « تاريخ الاكاديمية الملكية للعلوم» شدد غيتار على المساهمة الكندية في انجازه العلمي . وسنداً لـ د . ج . ستروك D.J.Struik لقد استبق ، في دراسته المقارنة لجيولوجيا كندا وسويسرا ، نظرية التجمدات التي طورت فيها بعد . وأعطى تقدم العلم البحري الفرنسي ثماره في كندا : فالمهندس ليفاسور Levasseur نفذ في معمل كيبك مبادىء الرياضيات التي وضعها ب . بوغر P.Bouguer حول بناء السفن والنظرية حول مناورتها . وقد اخذ بوغر بالملاحظات الفلكية التي وضعها م . شارتييه دي لوتبينيار M.Chartier de Lotbinière . كما عرف ايضاً أعمال ب . ج . دي بونكمب P.P.J. de Bonnécamps استاذ الهيدروغرافيا في كلية كيبك ويعود الفضل الى غاليسونيار Galissonière وكان يومئذٍ مدير مستودع الخرائط والتصاميم في البحرية ، الفضل باعداد البعثة الهيدروغرافية بإدارة ج . ب . شابرت دي كوغولين J.B. Chabert de Cogolin الى كندا سنة (1750-1751) . ونورت هذه البعثة دور الوزير موروباس الذي كان يهتم بتصحيح الخرائط البحرية في عصره . وكان الهدف بالضبط تعديل خارطات شواطىء أكاديا والجزيرة الملكية وجزيرة الارض الجديدة ، ثم تثبيت النقاط الرئيسية بالملاحظات الفلكية . ونشر شابرت في باريس تقريره عن رحلته سنة 1753 .

وبفضل مساعدة شارتيه دي لوتبينيار Chartier de Lotbinière ، ومساعدة ب . بونكمب P. Bonnécamps ، وج . ف . غولتيه J.F. Gaulthier حاكم فرنسا الجديدة، كان غاليسونيير في مركز الاهتمامات العلمية في الحيِّز الفرنسي في أميركا ، والمرتكزة على إهتمامات وزارة البحرية ، وبستان الملك والاكاديمية الملكية للعلوم . وبحسب تعليمات موروباس ، استضاف غاليسونيار Galissonière في

كندا العالم النباتي السويدي ب . كالم . وتضمنت رواية كالم عن الرحلة معلومات مفيدة تتعلق بالمظهر الاجتماعي الثقافي لكندا وأيضاً عن الحياة العلمية التي كان يحفزها غاليسونيار وغولتيه وتدل التقارير التي تضمنتها كتب الرحلة الموجودة في السفن الملكية التي كانت تبحر بين فرنسا وفرنسا الجديدة في القرن 17 والقرن 18 ، وكذلك المراسلات المتبادلة بين وزارة البحرية والحكومة الاستعمارية ، على الروابط التي كانت تجمع عبر الاطلسي ، بين فرنسا وحيّزها في أميركا الشمالية .

وتشكل المصادر الضخمة المخطوطة ، والتي أودعت حديثاً في الولايات المتحدة[1] . مجموعاً مستندياً غنياً جداً ، يستخدم كأساس ، بمساعدة من « مجلس الفنون في كندا » ، لوضع دراسات جديدة حول النشاط العلمي في « فرنسا الجديدة » ، كقسم إداري من وزارة البحرية الفرنسية .

وفي مجال الهيدروغرافيا ، وعلم النبات وعلم المناجم ، وعلم الفلك البحري ، تسجل كندا أو فرنسا الجديدة في القرنين 17 و18 ، ضمن الحركة الفرنسية لتنمية ولنشر المعارف العلمية . وقد بين كتاب جون و . ربس John W. Reps تكون أميركا المدينية The making of urban America (برنستون 1965) بأن نماذج كيبك ومونريال ، وأورليان الجديدة ، قد لعبت دوراً مهماً في التنظيم المديني في أميركا الشمالية ، في الحقبة الاستعمارية . ومسألة النشاط العلمي في فرنسا الجديدة ، وعلاقات الباحثين في كندا مع الباحثين الاوروبيين ، تقع في آفاق أميركا الفرنسية التي كانت تشكل حقاً قسماً متكاملاً مع فرنسا حتى سنة 1760 .

V ـ أميركا الشمالية البريطانية

إذا اعتبرنا تطور العلم الاميركي قبل تأسيس جمهورية الولايات المتحدة ، لا يسعنا إلا أن نتأثر بوجود حتى مثل هذا النشاط العلمي . ويمكن الظن بأن الضرورات الملحة في بلد جديد ، وحاجاته الى التفصيل والى التصغير ـ بناء المدن ، قطع الغابات وخلق الاراضي القابلة للزراعة ، الصراع ضد الهنود الحمر والحروب الاوروبية ، نقل الحدود نحو الغرب ، والحاجة الملحة للحصول على المواد اللازمة للحياة ـ جعلت اعتبار البحث العلمي ابهة لا يمكن الوصول اليها . ومع ذلك ، في القرن 17 و18 ، كان الانجذاب الى العلم قوياً الى حد حمل على انشاء جمعيات علمية في مستعمرات أميركا ، والى حد القيام بمختلف البحوث العلمية وإن العالم الجديد قدم مساعدات من الطراز الاول

الأوصاف الأولى للحيوان والنبات ـ إننا نجد بداية مناسبة لدراستنا في الارساء ، في 17 آب

---

(1) مؤسسة موريباس Maurepas : جامعة كورنل ، وجامعة أوهيو الحكومية ، وجامعة روتشستر ، ثم متحف لابون ونترثر ، ديلاور ؛ مؤسسة هنري لويس دوهامل دي مونسو Henri Louis Duhamel du Monceau : الجمعية الفلسفية الأميركية ؛ مؤسسة انطوان لويس بوغنفيل Antoine - Louis : مكتبة دوتريت العامة

1585 ، في ونغانداكو، فيرجينيا (اليوم كارولين الشمالية) لتوماس هاريو Thomas Harriot وهو أوّل انكليزي استكشف ووصف الخصائص الطبيعية لاميركا الشمالية

كان هاريو Harriot معروفاً كجبري أكثر منه عالماً طبيعياً ، وأرسل الى فيرجينيا كمساح ، وملاحق ومؤرخ رسمي ، وبقي فيها قرابة سنة ، وعاد الى انكلترا في تموز 1586 . واذن فقد تضمنت أول مجموعة حاولت أن تقيم مستوطنة بريطانية في أميركا مراقباً علمياً متميزاً

وعند عودته الى انكلترا ، نشر هاريو «تقريراً موجزا وحقيقياً عن الارض الجديدة : فيرجينيا » (48 ص قطع ربعي ، لندن 1588) . وهذا المجلد أعيدت طباعته سنة 1590مع رسومات مستوحاة من ملونات جميلة رسمها رفيق لهاريو اسمه جون وايت John White . وما يزال هذا الكتاب حتى اليوم يؤثر بصدقه وصحته غير المصطنعة

من ذلك أن هاريو قد صرح بأنه عرف اسماء 28 حيواناً ، ولكنه لم يـر شخصياً إلا 12 . أما وصفه للايليات (مجموعة الايائل) الأميركية فلم يُعْلَ عليه طيلة قرنين. وقد عرف هاريو أسماء 86 طائراً، كما حصل بواسطة وايت على رسوم لـ 17 نوعاً أرضياً و8 أنواع مائية . وبفضله عرف الأوروبيون العديد من الأشجار والشجيرات وغيرها من النباتات والأسماك والصدفيات . ونقل الى أوروبا نباتات التبغ والبطاطا ، وربما كان أول مدخن معروف مات بسرطان الرئة .

وبعد هاريو جاء رجال آخرون اكفياء تركوا لنا لموصافاً دقيقة للمنطقة ، وللحيوان والنبات الموجودين فيها . وصل الكابتن جون سميث John Smith الى جامستون سنة 1606فكتب « وصف لانكلترا الجديدة » (لندن 1616) وقد اعطى لهذه المنطقة اسمها الحالي ، ووصف لاول مرة العديد من الثدييات (ومن بينها الايل) والاسماك والقواقع وازهاراً وطيوراً واشجاراً . ونذكر ايضاً « مشاهد عن نيو انكلند» لوليم وود William Wood (لندن 1634) ، نيو انكلش كانآن لتوماس مارتون Thomas Morton » (امستردام 1637) . وفي أواخر القرن ، أتاحت غزارة الادب لجون جوسلين John Jos-selyn أن ينشر كتاباً تركيبياً استخلاصياً « نوادر نيو انكلند المكتشفة : الطيور ، الحيوان ، الاسماك الافاعي والنبات في هذه المنطقة». ولكن الاوصاف الجيدة والدقيقة والصحيحة أمثال أوصاف هاريو وسميث ، زالت لتحل محلها لغة مزوقة وحكايات غير مراقبة . وليس من السهل جداً التمييز بين ما جمعه جوسلين ودمجه واخترعه . كتب يقول : « إن الشعير يتحول عادة الى شوفان » مطبقاً بالتالي على العالم الجديد هوايات « التاريخ الطبيعي » لبلين Pline . ولماذا قبل الاوروبيون بهذه الاباطيل ؟ ربما لان العالم الجديد كان بعيداً جداً ، فبدا لهم أن كل شيء ممكن في هذه المملكة الأجنبية .

انجازات علماء النبات الاميركيين في القرن 18 - في مطلع القرن 18 رأت أميركا صعود نشاط قوي في مجال علم النبات ، فالى جانب الاهتمام الدائم الذي تقدمه منطقة ذات نباتات مجهولة ومفيدة ، كان هناك الطلب الآتي من انكلترا على النباتات الجديدة ، التي من شأنها أن تقدم منفعة طبية . لقد كانت الزراعة في تلك الحقبة النشاط البريطاني الرئيسي وكانت هذه البلاد مسرحاً لقيام

بساتين مرتبة ومدروسة بحسب النمط الهولندي وبحسب التنظيم المنظري للممتلكات

وقدم علماء الطبيعة الاميركيون النبتات المفيدة والمطلوبة . ولكن هؤلاء النباتيين لم يكونوا مجرد جامعيين للنباتات، بل درسوا تشريح النبات (وخاصة الزهرة) وتخيلوا بعض التجارب المهمة في مجال الفيزيولوجيا . وكان الانجاز الكبير الاول والعلمي في العالم الجديد ، سلسلة من التجارب حول التهجين Hybridations النباتي الاصطناعي أو المراقب . وأهمية إنتاج هذه المدجنات ناتجة عن علاقاتها بنظرية الجنسانية النباتية ، التي كانت تبحث تبعاً لافكار قدمها نهمياه غرو للجمعية الملكية سنة 1676 . وذكر كوتون ماثر Cotton Mather عضو الجمعية الملكية ، التجارب الاولى حول التدجين النباتي في كتاب ارسله من بوسطن في 24 ايلول 1716الى جامس بتيفر James Petiver وفيه يصف بوضوح إنتاج « مدجنات زي مايا » و« كوكوبيتا بيبو » ولاحظ « عمليّة تنظيم الخلايا » التي تقترن به ، وكذلك ظهور السيطرة . وأدخلت مادة هذا الكتاب في فصل « في النباتات » من كتاب ماثر المعنون « الفيلسوف المسيحي » (لندن 1720) ، أول كتاب جامع حول العلوم ، مع إضافة «تعديلات ذات استلهام ديني »

وقد كتب هذا المؤلف في أميركا البريطانية . وتكلم ماثر الذي كان يأخذ بنظرية غرو Grew حول جنسانية النباتات ذات الزهر ، عن « قلم السمة » (المسمى آتيور من قبل الدكتور غرو) وفيه نوع من المني الذكري من اجل تخصيب البذرة . وبعد ذلك بقليل ، اكتشف بول دودلي Paul Dudley ، النائب العام في مستوطنة ماساشوست ، إمكانية تدجين الذرة . ووصف هذه الظاهرة بشكل قريب جداً من وصف ماثر في مقال بعنوان « ملاحظات حول بعض نباتات نيو انكلند ، مع التركيز على طبيعة النبات وقدرته (المعاملات الفلسفية 1724) . وقد اثرت هذه المقالة بجمهور واسع جداً ، واتخذت أساساً لمقالتين اخريين « التوالد » و« الذرة أو القمح الهندي » ـ في قاموس الجنيناتي لميلر Miller . وقد طبع هذا القاموس عدة مرات في انكلترا وترجم الى الالمانية .

وهناك تجارب اخرى ، أكثر أهمية ايضاً ، نفذت في فيلادلفيا ، من قبل جمس لوغان James Logan ، الذي جاء الى بنسلفانيا سنة 1699 كسكرتير لوليم بن William Penn . وكرس هذا العالم الهاوي قسماً كبيراً من وقته للرياضيات ، والفيزياء وعلم الفلك ، وحاول حتى أن يؤسس علماً اخلاقياً على الفيزياء الرياضية . وتضمنت مكتبته العلمية ، وهي الاجمل في أميركا ، بشكل خاص الطبعات الثلاث لـ « مبادىء » نيوتن ، وكتب ارخميدس واقليدس وبطليموس ، وغاليليه وكبلر ، وهويجن وفلامستيد وهفيليوس ، وجيلبرت وهارفي وليونهوك ومالبيجي ، وليني وغرو وبورهاف وسيدنهام وبويل وهوك الخ . وقد أعار لوغان هذه المؤلفات لاشخاص عديدين ، ومنهم بنجامان فرانكلين وجون برترام . واخترع احد المقربين اليه ، توماس غودفري Thomas Godfrey ، سنة 1703-1731 نوعاً من الساعات البحرية ، شبيهة جداً بالساعة التي صنعت في انكلترا من قبل جون هادلي ، والتي وصفت قبل ذلك بعام أمام الجمعية الملكية . ولما كان غودفري مخترعاً معزولاً ، فإنه لم يقطف ابداً المجد الذي تستحقه أعماله .

وخلافاً لآماله ، اذا كانت منشورات لوغان حول البصريات لم تثر الانتباه كثيراً ، فمن المعلوم أن تجاربه حول نزع العرانيس المذكرة من نبتات الذرة قد أتاحت له درس توالدها بشكل اكثر احاطة مما تيسر حتى ذلك الحين . وقد جلبت له رسالة نشرها حول هذا الموضوع سنة 1736 في « المعاملات الفلسفية » المديح من قبل ليني . وقدم عرضاً أكثر كمالاً في « تجارب . . . . حول توالد النبات » نشر في ليد سنة 1738 تحت رعاية غرونوفيوس Gronovius ، ووصل هذا الكتاب الى جمهور كبير ، وأثار تعليقات عديدة منها تعليق لليني . وبرزت أهمية هذا الكتاب ، خاصةً وإن نظام التصنيف عند ليني يرتكز على تحليل الاعضاء التناسلية عند النباتات وهكذا أثبتت تجارب ماتر ودودلي ولوغان ، زيادة على أهميتها البالغة . في دراسة توالد النباتات ، متانة النظام الجديد للتصنيف . ومن الملاحظ أن السهولة التي أمكنت بواسطتها السيطرة على توالد الذرة أو « القمح الهندي » جعلت منها نبتة مختارة لدراسة علم الولادة . وقد استعمل اثنان من أصل ثلاثة علماء أعادوا اكتشاف أعمال مندل ، في بداية القرن العشرين الذرة كنبتة تجربة ، وذلك بالغاء النبتات المذكرة ، وفقاً للطريقة التي ادخلها لوغان

ومن بين علماء النبات الآخرين الاميركيين في القرن 18 ، يذكر جون كليتون John Clayton الذي نشر كتابه فلورا فيرجينيا في ليد سنة 1739 من قبل غرنوفيوس Gronovius يساعده الشاب ليني . ودرس مارك كاتسبي Mark Catesby النباتات كما درس أيضاً الطيور والحيوانات وقد وصفها وعرضها بشكل فخم في كتابه الرائع « التاريخ الطبيعي لكارولينا وفلوريدا وجزر الباهاما» (لندن 1754-1771) . وكان جمع النباتات صعباً في أغلب الاحيان . من هذا ان جون ميتشل ـ John Mitchell صديق فرنكلين وليني ، الذي توطن في فيرجينيا سنة 1700 والذي عرف خاصة بـ « خارطة الممتلكات البريطانية والفرنسية في أميركا الشمالية»(لندن 1755)،وهو يعتبر بداية علم الخرائط العلمية في أميركا الشمالية ـ خسر أثناء عودته الى انكلترا سنة 1746 ، المجموعة الغنية من النباتات التي جمعها .

كتب الى ليني يقول : « كم كنت سعيداً ان ارسل لك بعض النبتات ، لو أنها لم تهلك ، بفعل القراصنة ، وليس اقل من ذلك ما لحق بها من ضرر بفعل السفر في البحر ، بحيث انني لم يبق لي الا زهرة واحدة مبللة ، من اصل الف نموذج » .

واشتكى ليني بدوره عبر رسالة الى هالر :

«وكل النبتات التي ارسلت لي من نيويورك وقعت بين ايدي الاسبان ، وكذلك تلك التي جمعها الدكتور ميتشل منذ العديد من السنوات في فيرجينيا ، وهو نفسه عائد الى انكلترا ، إنما بحالة اليأس لقد خسرت في نفس السفينة العديد من النماذج والعديد من الاوصاف أرسلها الحاكم كولدن من نيويورك » .

وكان كادوالادر Cadwallader طبيباً اسكتلندياً وصل الى أميركا سنة 1718 ثم أصبح ناظراً عاماً (مديراً لمصالح المساحة) وضابطاً حاكماً لنيويورك .

وساعدته ابنته جان Jane ، وهي أول امرأة نباتية في العالم الجديد ، في جمع النباتات وتصنيفها

وفقاً لمنهج ليني . ونشر غولدن كتاباً حول الهنود الحمر وكتابا عنوانه « تفسير الاسباب الاولى للعمل في المادة ، وسبب الجاذبية الكونية» (نيويورك 1743 ، ترجمة فرنسية بقلم د. كاستل D.Castel باريس 1751 . وكان نباتي آخر أميركي هو الدكتور اسكندر غاردن Alexander Garden ، من شارلستون (كارولينا الجنوبية) ، صديقاً لليني الذي اهدى اليه اسم نبتة هي الغاردينيا. وكان جون برترام، وقد سماه ليني « اعظم عالم نباتي طبيعي » حي ، رجلاً عصامياً، وكان مزارعاً ثم اصبح رجل علم وكانت شهرته كبيرة لدرجة أن الهدايا والتكريم تدفقت عليه من العالم اجمع . وقدم برترام نباتات الى ليني والى جامعيين بريطانيين ، وبصورة غير مباشرة ، الى بستان النبات في باريس . وبعد أن يئس برترام من جراء الخسائر المحيقة عندما قام الفرنسيون والاسبان بالاستيلاء على مراكب تحمل نباتات الى انكلترا ، خطرت له فكرة ارسال صناديقه « في حالة الاسر » الى داليبار Dalibard والى بوفون Buf-fon او جوسيو Jussieu في باريس . وقد شجعه على ذلك فرانكلين ولوغان فاكتشف وقدم نباتات أميركية الى كل من فرنسا وانكلترا أكثر من أي مستكشف آخر معاصر ، ولد في هذين البلدين . فضلاً عن ذلك ، قام هو ايضاً بدراسات حول الجنسانية النباتية وحول التهجين النباتي .

وإذن كانت دراسة علم النبات ناشطة جداً في أميركا البريطانية : وكان هذا النشاط هو أكثر من جمع الاغراس اذ كان يتضمن تجارب ذات قيمة كبيرة حول توالد هذه الاغراس . وربما كان علم الحيوان اقل ازدهاراً . ولهذا السبب ربما استطاع رجال من أمثال بوفون والاباتي رينال ان يقدموا بيسر بالغ النظرية القائلة بأن الحيوانات المنقولة من العالم القديم الى العالم الجديد « تتراجع » وتصبح صغيرة وضامرة . ونعثر على شكل مسرف لهذه النظرية عند الشاعر البريطاني غولد سميث الذي يزعم أن الطيور الصداحة « المتقهقرة » في أميركا لا تغني . وحمل انتشار هذه النظرية توماس جيفرسن Thomas Jefferson على تكليف بعثة لأسر ظبي ضخم ثم ارساله الى باريس ، حتى يثبت أن أميركا تنتج حيوانات طبيعية أكبر من الحيوانات التي يمكن أن يعثر عليها في أوروبا . ولا شك أن كل القسم البيولوجي في « مذكرات حول فيرجينيا » لجيفرسون تعكس الهاماً مماثلاً .

الطب ـ قدمت أميركا الشمالية في المجال الطبي مساهمة رئيسية . في سنة 1721 ، وخلال وباء الجدري في بوسطن، ساهم كوتون ماثر في ادخال عملية التطعيم ، التي سبق وعرضت في العديد من النشرات العلمية ، كما كانت تطبق في الصين وتركيا ، والتي سمع ايضاً ماثر وآخرون بأوصافها على لسان عبيد افريقيا . وبشجاعة رائعة ، قاوم ماثر المعارضة القوية لدى بعض الاطباء ولدى قسم كبير من السكان ، ودافع عن هذا الاجراء الجديد واستطاع أن يقنع طبيباً في المدينة ، زاديال بويلستون Zadiel Boylston ، بأهمية التطعيم . وكان اعضاء عائلة ماثر من بين الاوائل الذين تلقوا هذا العلاج . هذه التجربة في بوسطن قدمت أول مجال لتجريب عملية التطعيم ضمن ظروف مراقبة . فضلاً عن ذلك قدم التقرير الاحصائي الذي نشره ماثر وبويلستون Boylston واحداً من الأمثلة الأولى التاريخية في التحليل الكمي لمسألة طبية . فقد افترض بويلستون Boylston ، تماماً أن هذه العملية الجديدة تنجح أو تنهار بحسب حساب احتمالات الوفيات التي يسبّبها النوعان من التلوث أو

العدوى . التلوث الطبيعي بالجُدَري الملتقط بشكل عادي والعدوى المصطنعة المثارة بفعل تلقيح المريض بالقيح الآتي من مريض مصاب بشكل طفيف . وكانت الاحصاءات مقنعة للغاية حتى أن عملية التلقيح أصبحت شائعة الاستعمال حتى استبدالها بالتلقيح بالعضل.

ورغم أننا لا نجد في المجال الطبي مثلاً آخر يمثل هذه الاهمية ، فقد كان هناك أيضاً باحثون آخرون في هذا المجال . من ذلك ان جون لينغ John Lining من شارلستون (كارولينا الجنوبية) الذي قام بدراساته الطبية في أدنبره ، ارسل الى انكلترا أول وصف دقيق صادر عن العالم الجديد لدلائل الحمى الصفراء . وقدمت دراساته الارصادية الجوية معلومات ثمينة ، ولكن أعماله الافضل تناولت الايض البشري ، وبصورة خاصة العلاقة بين الامراض الوبائية والظروف الجوية . وكان يدون يومياً وزن ما يخرج منه ووزن الاطعمة التي يتناولها فقدر العرق نتيجة تغير الاوزان في ثيابه . وربط هذه النتائج اليومية بحرارة الجو وبالمدة الزمنية الحاصلة .

الاهتمام بالعلم ـ إن قراءة المواعظ الدينية الملقاة عبر القرنين 17 و 18 في أميركا ، وبصورة خاصة في انكلترا الجديدة ، يتيح استخلاص تقدير صحيح للعلم في ذلك الزمن فلم يكتف الوعاظ فقط والناس ايضاً في ذلك الحين بعدم اعتبار العلم عدواً للوحي المنزل ، بل إن الوعاظ كانوا يرون أن الطبيعة تقدم شهادتها لتسند تعاليم الكتابات المقدسة ، إن كلام الله موجود في الكواكب وفي النباتات وفي الاحجار كما هو موجود في الكتاب المقدس . وهناك مثل ذو دلالة على هذا الرأي ، ظهر في كتيب سنة 1726 ، موجه لطلاب الرعوية . وقد ورد فيه ان الفلسفة التجريبية ضرورية جداً لتثقيف الواعظ كما هي ضرورية جداً للاشخاص الآخرين . في هذه الفلسفة التجريبية كان المرشد هو سير اسحاق نيوتن الذي لا مثيل له .

وادخل العلم الجديد ـ علم غاليليه وبويل وهوك ونيوتن ـ في التعليم الاميركي على يد شارل مورتون Charles Morton الذي فتح في حوالى 1675 ، في نيوغتون غرين ، في ضاحية لندن اكاديمية اعتبرت أفضل المدارس في نظر « المنشقين » الذين منع عليهم قانون الريازة Bill du test ان يتقدموا الى الامتحانات في اوكسفورد أو في كمبريدج .

وعندما وصل مورتون الى أميركا سنة 1688 ، كان على اطلاع بالاعمال الاخيرة العلمية الانكليزية ، وجلب معه مخطوطة اسمها كومبنديوم فيزيكا ، استخدمت طيلة عقود عدة كأساس للتعليم العلمي المقدم في كلية هارفرد (التي اسست سنة 1636) ، ثم في كلية يال (التي أسست سنة 1701) . وفيما بعد فقد التعليم الجامعي الاميركي كثيراً من لونه المدرسي أو الوسيطي . وفي سنة 1737 ظهر الاهتمام بالعلم بتأسيس كرسي للعلوم في هارفرد بناءً على هبة : « هو ليس برفسور شيب أوف متماتيكس . . . » وهو الكرسي الثاني الدائم من حيث الاقدمية في العالم الجديد .

علم الفلك ـ بعد 1659 عُلِمّ علم الفلك الكوبرنيكي في هارفرد ، وهو حدث لايكاد يثير العجب أكثر من حدث تأسيس كلية في بلد متوحش ، بعد أقل من 20 سنة من مجيء المستعمرين

الاولين . وفي سنة 1672 قدم الحاكم جون ونثروب John Winthrop أول ناظور كوكبي الى هارفرد ، وكان هذا الحاكم يعتقد مخطئاً أنه اكتشف بواسطة هذه الآلة تابعاً خامساً للمشتري .وهذا الناظور استخدم من قبل توماس براتل Thomas Brattle الذي مدحت ارصاده لمذنب 1680 الكبير من قبل نيوتن في كتابه « المبادىء »

وعدا عن رصد المذنب 1680 تعتبر من الاحداث الرئيسية التي تستحق الذكر في مجال علم الفلك هي البعثات المنظمة لرصد مرور الزهرة والكسوفات. وانذر فرانكلين مواطنيه بمناسبة مرور عطارد سنة 1753 . ولكن الشخص الوحيد الذي كان مزوداً بآلة قادرة والذي التقى ظروفاً رصدية جوية ملائمة ، في جزر الانتيل ، لم يقم الا بارصاد تافهة وفي سنة 1761 رئس البروفسور جون ونثروب من هارفرد ، والذي كان أول مقال علمي له حول مرور عطارد سنة 1740 ، أول بعثة علمية أميركية كانت ترعاها كلية ، وانتقل من كمبردج الى الأرض الجديدة لكي يرصد مرور الزهرة . ونقله مركب المنطقة مع معاونيه من الطلاب ، وكذلك النواظير وساعات الكلية . وعند مرور الزهرة سنة 1769 ، كانت الارصاد الرئيسية من صنع وليم سميث ودافيدريتنهاوس David Rittenhouse ، من فيلادلفيا .

وكان الحدث الاكثر ضجيجاً من هذا النوع بعثة ترعاها سنة 1780 كلية هارفردو والاكاديمية الاميركية للفنون والعلوم في بوسطن . هاتان المؤسستان ارسلتا البروفسور صموئيل وليم Samuel Williams من هارفرد ليرصد كسوفاً كاملاً للشمس في خليج بينوبسكوت . وكانت أميركا وانكلترا يومئذٍ في حالة حرب ، والكسوف لا يمكن أن يرصد إلا في ارض يحتلها البريطانيون ، وكان لا بد من ايقاف العمليات العسكرية طيلة فترة الرصد . وعندها وضع العلم من جديد خارج المعركة فقدم فرانكلين جواز مرور للكابيتان كوك Cook عند عودته من رحلة استكشافية في بحار الجنوب اثناء حرب الاستقلال الاميركية .

تنظيم التعليم العلمي - في هارفرد وهي الكلية الاستعمارية الاميركية الوحيدة في القرن 17 (اسست سنة 1636) وضعت منذ 1672 وبأيام عمادة الرئيس ليونار هور Leonard Hoar مشاريع لتأسيس بستان نباتي ، ومعمل للميكانيك ومختبر للكيمياء ، يستعمله الفلاسفة الذين يبغون تثقيف فكرهم عن طريق الحواس . ولو ان هذه المشاريع قد ادت الى نتيجة لكانت أميركا امتلكت أول مختبر كيميائي للطلاب في العالم كله . وبعد مجيء مورتون Morton دخل العلم الحديث في التعليم . وعند تعينه في سنة 1727 أول صاحب كرسي لمنبر هو ليس تلقى مورتون مجموعة ثمينة من الاجهزة العلمية التي تمكن الطلاب من اجراء التجارب والقيام بالارصاد ، وكانت هذه المجموعة تستكمل وتتمم وظلت كذلك طيلة القرن . وفي يال ، التي انشئت بصورة قانونية سنة 1701 برز الميل منذ البداية نحو العلم . فكانوا يشترون ويصنعون المعدات العلمية . وفي سنة 1714 اغتنت المكتبة بالهبات من كتب قدمها مختلف العلماء الانكليز ومنهم نيوتن وهالي . أما كلية وليم وماري William, Mary التي تأسست سنة 1693 فلم تبدأ في التعليم الجامعي إلا سنة 1710 . وكما الحال في برنستون (اسست سنة

1746) وكولمبيا (اسست سنة 1754) ، تضمن برنامج الدراسة في « وليم وماري » العلوم؛ وتدل الكتب وكذلك المغدات على أهمية هذا النظام . أما جامعة بنسلفانيا ، التي أسسها فرانكلين (وكان توزيع الشهادات الرسمي الأول قد جرى سنة 1757) فقدمت ايضاً تعليماً علمياً . فضلاً عن ذلك افتتح التعليم الطبي الرسمي في أميركا الشمالية . نذكر ايضاً أنه في فيلادلفيا تأسس ، بعد ذلك بقليل ، مستشفى بنسلفانيا ، وهو أول مستشفى أميركي دائم . ونشير ايضاً أنه في الجامعات الاخرى التي أسست وعملت قبل 1775 ـ جامعة براون اعترفت بها الدولة سنة 1764 ، ودارموث Dart-mouth أعترف بها ككلية سنة 1769 ـ لم تكن العلوم مهملة ايضاً .

الجمعيات العلمية الاولى ـ كان الاهتمام بالعلوم قد برز ايضاً من خلال اجتماع الناس بغية ملاحقة اهداف علمية مشتركة . وكانت أول جمعية علمية في أميركا هي جمعية بوسطن الفلسفية التي أسست سنة 1683 على يد انكريز ماثر Increase Mather والد كوتون ماثر. ولكن وجودها كان سريع الزوال . وفي سنة 1727 اسس بنيامين فرانكلين « الاخوة » ، وهي جمعية سرية أخوية وخيرية ، من اجل تحسين أوضاع الاعضاء . وفي الاجتماعات كانوا يناقشون المسائل الاخلاقية والسياسية والفيزيائية . وفي سنة 1743 اقترح فرنكلن Franklin تأسيس جمعية ذات مدى أوسع وتأثير أكبر ، مكونة من رجال من مختلف المستوطنات يهتمون بالنشاط العلمي . فكانت الجمعية الفلسفية الاميركية . وفي سنة 1769 اتحدت هذه الجمعية مع جمعية اخرى انبثقت عن الاخوية « جنتو » واتخذت اسماً رسمياً بقي لها بعد ذلك هو الجمعية الفلسفية الاميركية المقامة في فيلادلفيا لتنشيط المعارف المفيدة . وكان أول مشروع قامت به الجمعية الجديدة هو رصد مرور الزهرة سنة 1769 . ولم يكن لهذه الجمعية من مزاحم حتى سنة 1780 ، حيث اسست الاكاديمية الاميركية للفنون والعلوم في بوسطن ، بتحفيز من جون ادامس John Adams الذي سمع في فرنسا مديحاً كثيراً بجمعية فيلادلفيا، فأراد في الحال تأسيس واحدة في بوسطن . وكان أول رئيس لها رجل علم هاوٍ ، هو الحاكم جيمس بودوين James Bowdoin . أما نشاطها الرسمي الأول ، فهو مساعدتها في تنظيم البعثة المرسلة بمناسبة الكسوف الكامل للشمس سنة 1780 والمذكور أعلاه .

بنجامين فرانكلين Benjamin Franklin ـ اهمية انتاجه العلمي ـ من بين النشاطات العلمية كلها في أميركا المستعمرة كانت أهمها بالنسبة الى كل العالم البحوث حول الكهرباء التي قام بها بنيامين فرنكلين ومساعدوه في السنوات التي سبقت 1750 . اشتهر فرانكلين في أغلب الاحيان ، بتجربة هي تجربة الطائرة الورقية المكهربة . وكان فرانكلين أول أميركي انتخب كعضو اجنبي في الاكاديمية الملكية للعلوم في باريس (1773) . وهذا الشرف لم يمنح لاي أميركي آخر طيلة قرن من الزمن ، وذلك قبل أن ينتخب لويس اغاسيز Louis Agassiz نتيجة اعماله المنجزة في أوروبا قبل رحيله الى أميركا . وكان لا بد من انتظار حقبة ج . ويلار جيبس J. Willard Gibbs (1839-1903) حتى تنتج أميركا من جديد عالماً كان لاعماله في الفيزياء نفس أهمية أعمال فرانكلين، واعترف له بذلك أيضاً بشكل واسع . لقد نشر كتاب فرانكلين«تجارب وملاحظات حول الكهرباء ، اجريت في فيلادلفيا بأميركا » لاول مرة في

انكلترا سنة 1751 ونشرت ترجمته الفرنسية سنة 1752 . وطبع في حياة المؤلف 5مرات بالانكليزية و3 مرات بالفرنسية (ترجمتان مختلفتان) وطبعتان المانيتان وطبعة ايطالية . وطيلة 25 سنة ظل هذا الكتاب الاكثر قراءة حول هذا الموضوع . وكان تأثيره كبيراً حتى أن الذين اعتنقوا نظرية منافسه لنظرية فرانكلين، عبروا بنفس اللغة التي استعملها فرانكلين لأول مرة في الكهرباء: ايجابي أو زائد ، سلبي أو ناقص الخ .

وكانت تجارب فرانكلين لكي يبين الصفة الكهربائية في شحنة الصاعقة مشهوداً لها . ففي أول تجربة تصورها استخدم قضيباً عامودياً طويلاً معزولاً وحاد الرأس . وكان الطرف الأسفل من هذا القضيب مغروساً في كوخ صغير ، حيث كان المجرب ، جالساً على كرسي عازل ، ويستطيع أن يوصل بهذا القضيب خيطاً معدنياً متصلاً بالارض وممسوكاً بمسكة عازلة . وكان فرانكلين يعتقد بأنه من الضروري وضع الكوخ فوق نقطة عالية من بناية ، وانتظر من اجل هذا الانتهاء من بناء محل الجرس في كنيسة المسيح في فيلادلفيا . ولكن في سنة 1752 بين العالم الطبيعي الفرنسي داليبار Dalibard ، مترجم كتاب فرانكلين حول الكهرباء ،إن التجربة كانت تنجح حتى ولو وضع الكوخ على مستوى الارض . وتمت التجربة في 10 أيار سنة 1752في « مارلي لافيل » ، اثناء هبوب عاصفة ، وفي غياب داليبار ، على يد جندي قديم ، هو كوافيه Coiffier ، وخوري الضيعة رولي Raulet . وصرح داليبار Dalibard وهو يصف التجربة ونتائجها أمام اكاديمية العلوم في 13أيار سنة 1752 فقال : « عندما اتبعنا الطريق التي رسمها لنا فرانكلين حصلنا على قناعة كاملة » وجاءت نتائج مقنعة ايضاً تكافىء بعد ذلك بقليل بوفون وديلور ، ومونيه ونوليه Buffon, Delor, Le Monnier, Nollet في فرنسا ، وميلوس Mylus ولودولف Ludolf في ألمانيا وكانتون Canton وولسون Wilson في انكلترا ، وعلى ما يبدو وقبل أن يسمع بالكلام عن النجاح الفرنسي تصور فرانكلين في حزيران 1752 تجربة اخرى حول كهربة الغيوم وحول الطبيعة الكهربائية لتفريغ شحنة الصاعقة : هي تجربة الطائرة الورقية الشهيرة . وتقوم أهمية هذه التجارب على تبين أن الظاهرات الكهربائية لا تنتج فقط عن اختراع الانسان ولا عن تدخله في الطبيعة ، كما هو الحال في حك كرة صغيرة من الكبريت بخرقة من الحرير . بل إنها تحدث اي الظاهرات الكهربائية ايضاً بشكل عفوي في الطبيعة على الارض وفي الغيوم . وأيضاً وبعد هذه اللحظة يجب أن تدخل الفيزياء إذا كانت كاملة ، الظاهرات الكهربائية ضمنها وعلى نفس مستوى الظاهرات الميكانيكية والحرارية والبصرية والمغناطيسية أو السمعية . فضلاً عن ذلك وفي عصر الانوار هذا مال تحليل فرانكلين للصاعقةالى استبعاد المعتقد الوسواسي القائل بأن الصاعقة هي علامة غضب رباني . وأخيراً إن هذه المغامرة في مجال العلم الخالص تؤدي الى تطبيقات مهمة جداً هي الشاري ، وهو مصداق رأي باكون Bacon حول النتائج العملية لكل علم صحيح . وربما سنحت أول فرصة حصل فيها اختراع جديد عملي كنتيجة لبحث علمي مجرد كان هدفه الوحيد ارضاء الفضول العلمي ، والتقدم بالمعرفة .

واعتبر فرانكلين في عصره كواحد من رجال العلم من الدرجة الاولى ، لان نظريته أتاحت فعلاً استباق نتائج العمليات الجارية في المختبر بواسطة الاجهزة الكهربائية . وعندما بدأ تجاربه بين

1740-1750، كان كل المؤلفين تقريباً يشتكون من أن الظاهرات الكهربائية حكمت بالهوى والنزوة لا بقوانين العلم . واعتبر بوفون أن موضوع الكهرباء « . . . هو أبعد من أن يكون ناضجاً بما فيه الكفاية من أجل وضع نظام من القوانين له أو في الواقع وضع قانون أكيد بشأنه ثابت ومحدد في كل الظروف » .

ولكن بعد أعمال فرانكلين وصف ج . باربو- دوبورغ الوضع بهذه الكلمات « عندما ميز فرانكلين الكهرباء بأنها مرة ايجابية ومرة سلبية ، وعندما اعطى لكل منها مكانتها الصحيحة وسمتها الخاصة ، وذلك بمقدار ما تسمح به الحالة الحاضرة للمعارف الفيزيائية ، إنه بعمله هذا أشاع الضوء من قريب ومن بعيد ، ودل على الطريق التي يجب التزامها من اجل الحصول على اكتشافات جديدة ، وتقريبها من القديمة ثم توسيع حدود العلم ، وإيجاد منفعة محسوسة غير الكفاية والرضى العلميين . إنه يقول : افعل كذا وهذا ما يحصل : غيّر هذه الظروف وهذا ما ينتج عنه : وهكذا تستفيد من هذا الشيء : وفي هذا تتفادى هذا الازعاج . وتتبع المستندات يؤدي الى الوصول الى الشيء الذي أعلنه وبالشكل وبالترتيب المعلن . كل شيء يتجاوب مع نظرته في أوروبا وفي أميركا . وحتى الظاهرات السماوية ، كل شيء يدل على صلابة المبادىء التي جعلها تواضعه كفرضيات بسيطة فقط » .

ترتكز نظرية فرانكلين على بديهية مادة أو سائل كهربائي وحيد ، تتضمن كل الأجسام كمية «عادية» منه .

والتكهرب يحدث كل مرة تتلقى فيها هذه الكمية « العادية » زيادة أو نقصاً يحدث شحنة أكبر أو اقل .

ولكن المفاعيل الكهربائية تظهر أيضاً كل مرة يتغيّر فيها توزيع هذه المادة الكهربائية في جسم موصل . وبرأي فرانكلين تتألف المادة أو السائل الكهربائي من جزيئات تتدافع فيما بينها وتجتذب المادة القابلة للوزن كما تنجذب بجزيئاتها . هذه القواعد مكنته من تفسير دور الوضع على الارض ودور العزل في التجارب الكهربائية الثابتة وكذلك من تفسير المفاعيل الناتجة عن شكل الموصلات ، وعمل قنينة ليد Leyde (وهي أول مجمّع للكهرباء) ، وجملة من الظاهرات الأخرى، وبعضها اكتشفه فرانكلين حديثاً ، وبعضها الآخر سبق وكان مكتشفاً ، إلا أنه مفهوم بصورة غير كاملة .

وإن نحن نظرنا الى عمل فرانكلين من الناحية المفضلة في عصرنا ، نتأثر بتنوعية الظاهرات التي القى الضوء عليها ، وبفعل اننا نستخدم في أغلب الاحيان ، وما نزال، نظريته ، بعد تعديلها قليلاً .

وكما كتب مكتشف الالكترون ج . ج . تومسون J.J. Thomson ان نظرية فرانكلين «تستخدم دائماً من قبل عدد كبير منا في أعمال المختبر . وإن نحن نقلنا قطعة من نحاس واردنا أن نعرف اذا كان هذا النقل يزيد أو ينقص في المفعول الذي نرصده ، فليس علينا أن نتسرع نحو الرياضيات العليا ، ولكننا نستخدم فكرة السائل الكهربائي البسيطة التي تقول لنا في بضعة ثوانٍ كل ما نريد معرفته » .

ومن جراء تأكيد نظرية فراكلين بأن كل الكهربات تنبثق عن تحول أو نقل المادة الكهربائية : إنّ ما يفقده مطلق جسم يكسبه جسم آخر ، وتتضمن النظرية فكرة « الإحتفاظ بالشحنة » . وفي كل الظاهرات الملحوظة ، تبدو الشحنات أو تختفي دائماً بكميات متساوية أو متعارضة . وهذا صحيح ايضاً فيما خص الأشياء المجسمة التي تحك بعضها ببعض كما هو صحيح عند مستوى الذرّة أو ما هو فوقها وذلك عند احداث او الغاء المزدوجات ، وعند ظهور أو اختفاء كل جسيم مكهرب مقترن بظهور او باختفاء الالكترون بشكل متتال . ثم ان مبدأ « حفظ الشحنة » الذي قال به فرانكلين هو مثل « مبدأ حفظ كميات الحركة » الذي قال به وليس ونيوتن، أحد أكبر المبادىء في الحفظ . والمبدآن موجودان كوصفين مستقلين للطبيعة ، سواء في الماكروفيزيا أو الميكروفيزيا .

ومن المؤكد إذاً أننا ندين لفرانكلين بأول مساهمة كبرى علمية أصيلة جاءت من العالم الجديد . وأول اعتراف علمي رسمي بالهوية الاميركية الجديدة قد تم سنة 1788 ، عندما انتخب جامس بودوان James Bowdoin ، أول رئيس للاكاديمية الاميركية للفنون والعلوم ، على لائحة الاعضاء الاجانب في الجمعية الملكية .

في ضوء الانجازات التي تحققت في القرن 18 والاهتمام البارز عموماً بالعلوم كان من الممكن التوقع بأن المئة سنة التالية سوف تشاهد نشاطاً علمياً كبيراً في أميركا . ولكن الامة التي كان عليها أن تقتطع حدودها من المسافات البرية الموحشة في الغرب ، لم تكن تستطيع ظاهراً وبذات الوقت إنتاج أكتشافات علمية من الدرجة الاولى أو إنتاج علماء يؤثر انجازهم في العالم كله .

وإنه في حدود نصف القرن هذا الاخير اخذت الافكار العلمية الآتية من أميركا ، مرة اخرى ايضاً تستدعي الانتباه في المجموعة العلمية من العالم كله .

مراجع الفصل الثالث

J. Comas, Principales contribuciones indigenas precolombinas a la cultura universal (*Cahiers d'histoire mondiale*, t. 3, 1956) ; J. Rey Pastor, *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*, 2e éd., Buenos Aires, 1945 ; C. Pereyra, *L'œuvre de l'Espagne en Amérique*, Paris, 1925 ; P. Henriquez Ureña, *Historia de la cultura en la America hispánica*, México, 1947 ; L. C. Karpinski, Mathematics in Latin America (*Scripta mathematica*, v. 13, 1947) ; A. Mieli, *La ciencia del Renacimiento*, v. 5, Buenos Aires, 1952 ; J. J. Izquierdo, *La fisiologia en México*, México, 1934 ; Id., *Montaña y los origines del movimiento social y cientifico de México*, México, 1954 ; Id., La botanique aztèque et la botanique mexicaine moderne (*Arch. int. Hist. des Sci.*, t. 8, 1955) ; F. Verdoorn, édit., *Plants and plant science in Latin America*, Waltham (U.S.A.), 1945 ; J. Bell Jr, Medicine in sixteenth century New Spain (*Bull. of the hist. of medicine*, v. 31, 1957) ; E. Bonnefous et divers, *Encyclopédie de l'Amérique latine*, Paris, 1954 ; M. Picón Salas, *De la conquista a la independencia*, México, 1944 ; R. Levene, édit., *Historia de América*, vol. 3, Buenos Aires, 1940 ; J. Vicens Vives, édit., *Historia de España y América*, vol. 3 et 4, Barcelona, 1961 ; E. de Gortari, *La ciencia en la historia de México*, México, 1963 ; J. Babini, *La evolución del pensamiento cientifico en la Argentina*, Buenos Aires, 1954 ; *Memorias del primer coloquio mexicano de historia de la ciencia*, 2 vol., México, 1964 ; J. T. Lanning, *Academic culture in the Hispanic colonies*, New York, 1940 ; J. M. Gutiérrez, *Origen y desarrollo de la enseñanza pública superior en Buenos Aires*, 1re éd., Buenos Aires, 1868 ; J. T. Medina, *Historia de la imprenta en los antiguos dominios españoles de América y Oceania*, 2 vol., Santiago de Chile, 1958 ; J. T. Revello, *El libro, la imprenta y el periodismo en América durante la dominación española*, Buenos Aires, 1940 ; L. C. Karpinsky, *Bibliography of mathematical works printed in America through 1850*, Ann Arbor, London, 1940 ; M. Bargalló, *La mineria y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, México, 1955 ; A. A. Moll, *Aesculapius in Latin America*, Philadelphia, London, 1944 ; F. Guerra, *Historiografia de la medicina colonial hispanoamericana*, México, 1953 ; J. B. Lastres, *Historia de la medicina peruana*, 3 vol., Lima, 1951 ; E. Laval M., *Noticias sobre los médicos en Chile en los siglos XVI, XVII, XVIII*, Santiago de Chile, 1958 ; R. Archila, *Historia de la medicina en Venezuela. Epoca colonial*, Caracas, 1961 ; A. R. Steele, *Flowers for the King. Ruiz and Pavon and the Flora of Peru*, Durhan, 1964 ; F. Guerra, *Nicolás Bautista Monardes. Su vida y su obra (1493-1588)*, México, 1961.

F. de Azevedo, *A cultura brasileira*, Rio de Janeiro, 1943.

J. Delanglez, *Louis Jolliet. Vie et voyages, 1645-1700*, Montréal, 1950 ; M. Filion, Maurepas, Minister of the Navy : A New Portrait (*The Cornell Library Journal*, Spring 1967, 34-47) ; Id., *Maurepas, ministre de Louis XV, 1715-1749*, Montréal, 1967 ; R. Lamontagne, *La Galissonière et le Canada*, Paris, 1962 ; Id., *Succès d'intendance de Talon*, Montréal, 1964 (Paris, C.D.U., sous le titre : *Jean Talon, agent de Colbert, premier intendant du Canada au temps de Louis XIV*) ; Id., *Chabert de Cogolin et l'expédition de Louisbourg*, Montréal, 1964 ; Id., *La vie et l'œuvre de Pierre Bouguer*, Paris, 1964 ; Id., *L'Atlantique jusqu'au temps de Maurepas*, Montréal, 1965 ; Id., *Aperçu structural du Canada au XVIIIe siècle*, Montréal, 1964 ; Id., *L'administration du Canada*, Montréal, 1965 ; Id., *Ministère de la Marine — Amérique et Canada d'après les documents Maurepas*, Montréal, 1966 ; Id., Jean Prat, correspondant de Bernard de Jussieu (*Rapport des Archives du Québec*, t. 41, 1963) ; M. de La Roncière, *L'amitié franco-canadienne de Jacques Cartier à Chateaubriand*, Paris, 1967 ; G. Maheu, Bibliographie de Pierre Bouguer, 1698-1758

(*Revue d'histoire des sciences*, t. XIX, 1966, pp. 193-205) ; MARIE-VICTORIN (Fr.), *Flore laurentienne*, Montréal, 1935 ; J. ROUSSEAU, Le mémoire de La Galissonnière *(sic)* aux naturalistes canadiens de 1749 (*Le Naturaliste canadien*, vol. 93, 1966, pp. 669-681); J. C. RULE, Jean-Frédéric Phélypeaux, comte de Pontchartrain et Maurepas : Reflections on His Life and His Papers (*Louisiana History*, vol. 6, nº 4, 1965, pp. 365-377) ; C. F. C. STANLEY, édit., *Pioneers of Canadian Science/Les pionniers de la science canadienne*, Toronto, 1966. Chap. I : Léon LORTIE, « La trame scientifique de l'histoire du Canada » ; D. J. STRUIK, Mathematicians at Ticonderoga *The Scientific Monthly*, vol. 82, 1956, pp. 236-240) ; ID., American Science between 1780 and 1830 (*Science*, vol. 129 (1959), pp. 1100-1106 ; *ibid.*, vol. 130 (1959), p. 190) ; ID., Les sciences en Nouvelle-France (*Le jeune scientifique*, vol. 5, 1967, pp. 142-144) ; R. TATON, édit., *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e^ siècle*, « Histoire de la pensée », XI, Paris, 1964 ; J. THÉODORIDÈS, Les relations scientifiques entre Michel Sarrazin (1659-1734) et Réaumur (*LXXXIV^e^ Congrès des Sociétés Savantes*, 1959) ; A. VALLÉE, *Un biologiste canadien, Michel Sarrazin, 1659-1735* (sic). *Sa vie, ses travaux, son temps*, Québec, 1927 ; *Les botanistes français en Amérique du Nord avant 1850* (Colloques internationaux du C.N.R.S.), Paris, 1957.

Stefan LORANT, édit., *The New World : the first pictures of America made by John White and Jacques Le Moyne... with contemporary narratives of... the Virginia colony*, New York, 1946 ; Henry STEVENS, *Thomas Harriot, the mathematician, the philosopher, and the scholar...*, Londres, 1900 ; Conway ZIRKLE, *The beginnings of plant hybridization*, Philadelphie, 1935 ; Otho T. BEALL, Jr., et Richard H. SHRYOCK, *Cotton Mather, first significant figure in american medicine*, Baltimore, 1954 ; Brooke HINDLE, *The pursuit of science in Revolutionary America, 1735-1789*, Chapel Hill, 1956 ; Whitfield J. BELL, Jr., *Early american science*, Williamsburg, 1955 ; I. Bernard COHEN, *Some early tools of american science*, Cambridge, 1950 ; ID., *Franklin and Newton*, Philadelphie, 1956 ; Raymond J. STEARNS, Colonial Fellows of the Royal Society (*Osiris*, 1948, *8*, 73-121) ; Theodore HORNBERGER, *Scientific thought in the american colleges, 1638-1800*, Austin, 1945 ; *Les botanistes français en Amérique du Nord avant 1850* (Colloques internationaux du C.N.R.S.), Paris, 1957.

فهرست

- أ -

- ب -

- ت -

- خ -

- د -

- ز -

- س -

- ش -

- ص -

- ط -

- ع -

- غ -

- ف -

- ق -

- ك -

- ل -

- م -

ـ هـ ـ

- و -

- ي -

فهرست بالرسومات والجداول

رقم الصورة | الصفحة

فهرست

الموضوع ———————————————— الصفحة

الكتاب الأول : العلوم الرياضية والفيزيائية

الموضوع ــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ الصفحة

الموضوع ــ الصفحة

القسم الثالث : القرن الثامن عشر

الكتاب الأول : العلوم النظرية

الموضوع ــــــــــــــــــــــــ الصفحة

الكتاب الثالث : علوم الطبيعة

الموضوع ــــــــ الصفحة

هذه الموسوعة

ساهم في تأليف هذه الموسوعة أكثر من مئة عالم وباحث بإشراف البروفسور الكبير رينيه تاتون ، المدير العلمي للمركز الوطني للبحث العلمي في فرنسا .

وهي من أربعة مجلدات :

المجلد الأول :
العلم القديم والوسيط
من البدايات حتى سنة 1450 م .

المجلد الثاني :
العلم الحديث
من سنة 1450 إلى 1800 .

المجلد الثالث :
العلم المعاصر
القرن التاسع عشر .

المجلد الرابع :
العلم المعاصر
القرن العشرون .

المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع